Bulletin

北 海 道 大 学
水 産 学 部 研 究 彙 報

第 9 巻

BULLETIN
OF THE
FACULTY OF FISHERIES
HOKKAIDO UNIVERSITY

Vol. 9

1958—1959

北 海 道 大 学 水 産 学 部
函 館 市

FACULTY OF FISHERIES, HOKKAIDO UNIVERSITY
HAKODATE, HOKKAIDO, JAPAN

北海道大学水産学部研究彙報

第　九　巻
総　目　次

第 一 号 (1958年5月)

第 二 号 (1958年8月)

第　三　号（1958年11月）

第　四　号（1959年2月）

BULLETIN
OF THE
FACULTY OF FISHERIES
Vol. 9, 1958-59
No. 1, pp. 1- 88, May, 1958
No. 2, pp. 89-148, August, 1958
No. 3, pp. 149-257, November, 1958
No. 4, pp. 259-364, February, 1958

CONTENTS

ECOLOGICAL ANALYSIS OF THE CATCH IN A SET-NET FISHING GROUND NEAR HAKODATE, HOKKAIDO*

Yoshihide NOMOTO
Faculty of Fisheries, Hokkaido University

Many studies have been reported in relation to the pattern of a shoal of fish in the set-net fishing ground. For instance, on the correlation between the haul and the oceanographic and climatologic conditions, it has been reported from the coast of Japan in the Pacific Ocean that a large take of yellow-tail occurs in a day or two after the low pressure has passed the fishing ground[1)2)]. There have been many reports on the effect of the oceanographic and meteorological factors not only on the fishery of yellow-tail, but also on those of mackerel, sardine and saury[3)4)5)]. In reference to the front, direction and speed of wind, air temperature and rainfall, Kojima[6)7)] has studied the haul of squid in the several set-net fishing ground near Shimane Prefecture. Only one investigation has been reported on the correlation between the migrating salmon and meteorological elements in the coast of Kamchatka[8)].

The topics discussed in previous works may be classified into the following two categories, namely, (1) correlation between oceanographic and fishing conditions and (2) annual fluctuation in the haul of a single species selected from the various kinds of fishes which were landed from a fishing ground. Further, in most cases, the haul has been given as a summing up of the quantities of a given species of fish which were landed from a few or several set-nets settled either in a large bay or along a broad coast. Ecologically speaking, however, the minute oceanographic and climatologic conditions around every set-net fishing ground are doubtless different from one another even in the same bay. Besides, as the set-net fishing ground is considered to be subject to an enormous natural environment, the shoal of fish in the ground is always affected by various changes of both major and minor environments.

To clarify the mechanism of catch in the set-net fishing ground from the ecolgical point of view, it seems to be important to analyse the correlation between the total amount of each species in every haul and the environmental elements in a single ground. Further, it is necessary to study some successional fluctuations occurring among all the fishes which migrate into the fishing ground throughout the fishery period. Nowadays, however, very little information is avilable on the successional fluctuation of the catch as studied under microclimatological considerations.

Having such problems in mind, the author wrote the present paper to deal with the

* The expense of this study was defrayed from a Grant in Aid for Fundamental Scientific Research by the Ministry of Education, donated to the laboratory of Professor Shinjirô Kobayashi.

results of a preliminary study made on the analysis of the catch in a set-net fishing ground. Generally saying, however, it is very difficult to obtain precise data for each haul. So, the author examined the quantity of every catch as carefully as possible, presenting himself at every time of hauling, and endeavoured also to hear references to the fishing conditions of the ground from the fishermen who had worked there.

Before proceeding further, the author wishes to thank Prof. Shinjirô Kobayashi of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, for his valuable advice rendered during the course of the present study and for his kindness in reading the original manuscript. Thanks are also due to Mr. Yataro Iwasawa for offering his own fishing ground used in the present study and his kindness in offering valuable old data on both the catch and the ground. The author is indebted to the staff members of the Hakodate Marine Meteorological Observatory for supplying the data on the atmospheric pressure and its tendency. The author wishes to express his thanks to Profs. I. Saito, G. Kawasaki and Assist. Prof. M. Ishida of Hokkaido University for use of their instruments and for giving many helpful suggestions. Thanks are likewise offered to Prof. S. I. Sato and Mr. K. Kobayashi of Hokkaido University for kindly identifying the species of the fishes studied.

SITUATION AND CONSTRUCTION OF THE SET-NET AND METHOD

The set-nets by which the present study was performed are situated at the head of Hakodate Bay facing Tsugaru Strait on the south-west (Fig. 1). Mt. Hakodate 334 meters high overlooks the bay in steep relief on the east side (Fig. 2). The two set-nets are settled there. One is situated about 700 meters off and the other about 2000 meters distant from the former so as to be in the inner part of Hakodate Bay. Usually, the fishermen call the former "off set-net" and the latter "shore set-net". For convenience' sake, the author named the former "O-net" and the latter "S-net" in this study. The fishermen often said that a current rip is found in the area between O-net and S-net.

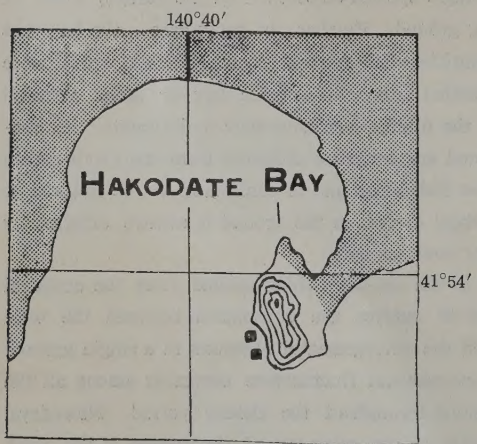


Fig. 1. The situation of the set-net fishing ground off Mt. Hakodate ■ Site of a set-net

In every year, the fishing of both nets starts approximately in early April and lasts to the middle of July. The present study was conducted during this period in the two years

of 1956 and '57, referring also to some data of 1954 and '55.

The scheme of the set-net is illustrated in Fig. 3. 'Leading net' (A) extends rectangularly from shore to offing so as to intercept the sea vertically. The fish which knock against 'leading net' are introduced into 'main net' (B). The fish are taken by hauling 'pulling net' (D) to which they were confined passing through 'acclivity net' (C) from 'main net'.

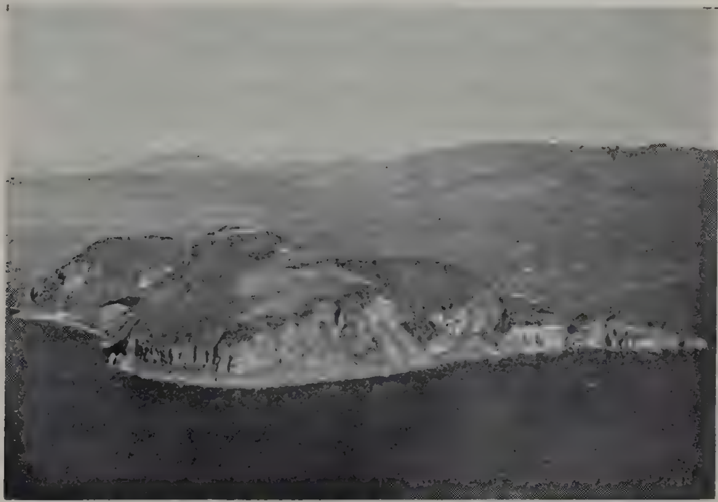


Fig. 2. Aerial view of Mt. Hakodate (Mr. A. Yonekura photo.)

Except on stormy days, the haulings are made twice a day at about 4 in the morning and at about 16 in the evening.

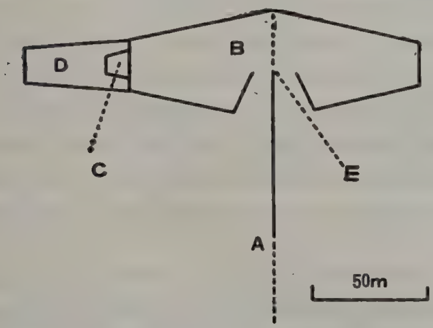


Fig. 3. The scheme of a set-net
A : Leading net B : Main net
C : Acclivity net D : Pulling net
E : Entrance of the main net

As the environmental factors, the water temperature, the specific gravity, the transparency, direction and speed of the wind, the atmospheric pressure and its tendency were measured. Of these factors, the atmospheric pressure and its tendency are those which were measured at the Hakodate Marine Observatory which is situated about 10 kilometers distant from the fishing ground. The direction and speed of the wind alone were measured with the eye. To record the continuous changes of the water

temperature, a self-registering thermometer was set in the sea at the depth of 15 meters in a corner of the main net. The direction and velocity of the tidal current were recorded by making use of a current-meter.

RESULTS AND DISCUSSION

The fish which were caught in the present study are composed of the following 13 species: trout (*Oncorhynchus masou*), squid (*Ommastrephes sloani pacificus*), calamary (*Doryteuthis bleekeri*), sardine (*Engraulis japonica*), sand-eel (*Ammodytes personatus*), cuttle-fish (*Sepia esculenta*), saury (*Cololabis saira*), mackerel (*Scomber japonicus*), rock-trout (*Pleurogrammus* sp.), snipe-fish (*Hyporhamphus sajori*), herring (*Clupea pallasii*), swell-fish (*Spheroides* sp.) and gurnard (*Lepidotrigla* sp.). However, as the main part of the catch were composed quantitatively of the first four species, trout, calamary, squid and sardine, the present study deals mainly with the behaviour pattern of these fishes.

Annual and monthly fluctuations of the catch

Fig. 4 shows the annual and monthly fluctuations of the quantities in the four species cited above ; calculations were made from the catches of both O-and S-nets, in the years of 1954 to '57. As clearly shown in this figure, the trout catch of the O-net is considerably larger than that of the S-net excepting in 1957. When the monthly total catch of this fish is considered, the peak was commonly found to occur in May in the years of 1955 to '57, excepting in April of '54. No marked difference was recognized between the morning and evening hauls in the trout.

In the squid catch, the morning and evening hauls showed a striking contrast. That is, as the figure illustrated, almost all of the quantities of this fish were taken by the morning haul. To clarify such a characteristic haul, a preliminary study made on the diurnal migrating behaviour of this fish will be described in the following section. No marked difference was found between the hauls of this fish in the O-and S-nets. Regarding the squid fishery, it is noticeable that the annual fluctuation of the haul is considerably large ; for instance, only a small quantity of the fish was landed in 1956.

In the calamary fishery, the quantity of the morning haul is generally much more abundant than that of the evening, being somewhat similar to the squid catch. Such a similar tendency of the haul in the squid and calamary may be ascribed to a behaviour pattern common to these fishes.

In most cases, the sardine was taken in both morning and evening hauls. However, considering from the time and relative quantity in both hauls, the diurnal migratory periodicity of this fish appears to be not so distinct as in the trout. A sudden and good take as occurred in the O-net of 1956 may be considered as a characteristic of the sardine fishery. Generally saying, except the sardine, the fishing season of each fish is

found to occur constantly every year.

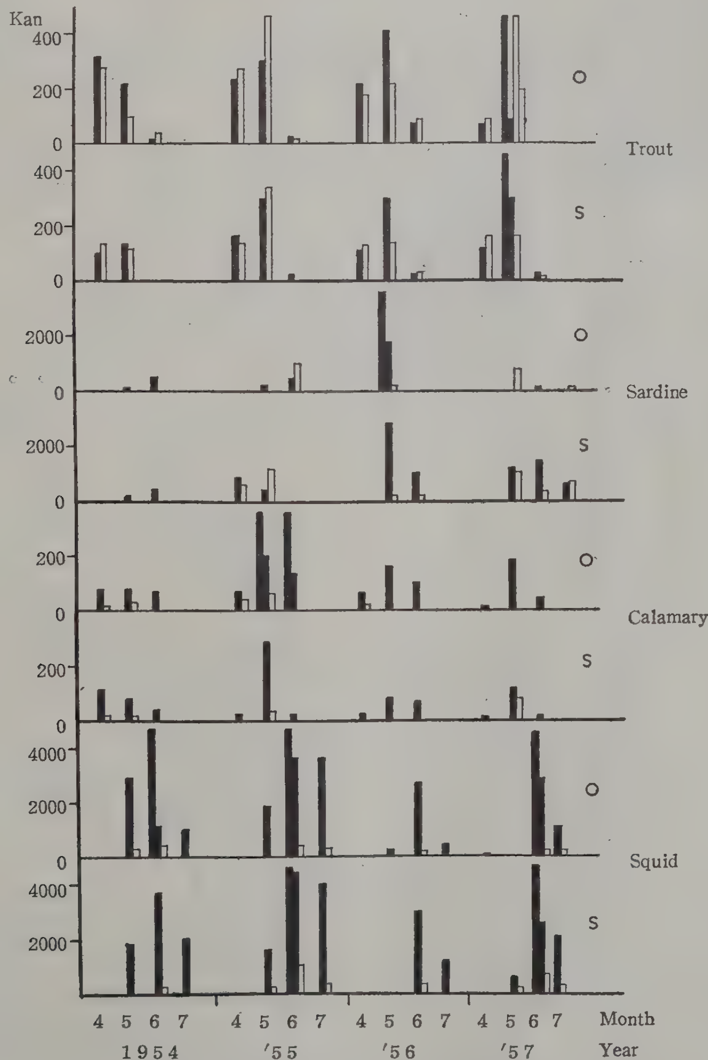


Fig. 4. Annual and monthly fluctuations of the quantities of the catches in each set-net (Kan : 4Kan=15Kg)

■ : Morning haul □ : Evening haul O : Off set-net S : Shore set-net

Catch process and water temperature

Catch process

To show the general appearance of the catch process during the term of this study, the quantity of each species was calculated in every five-day period for each net; the

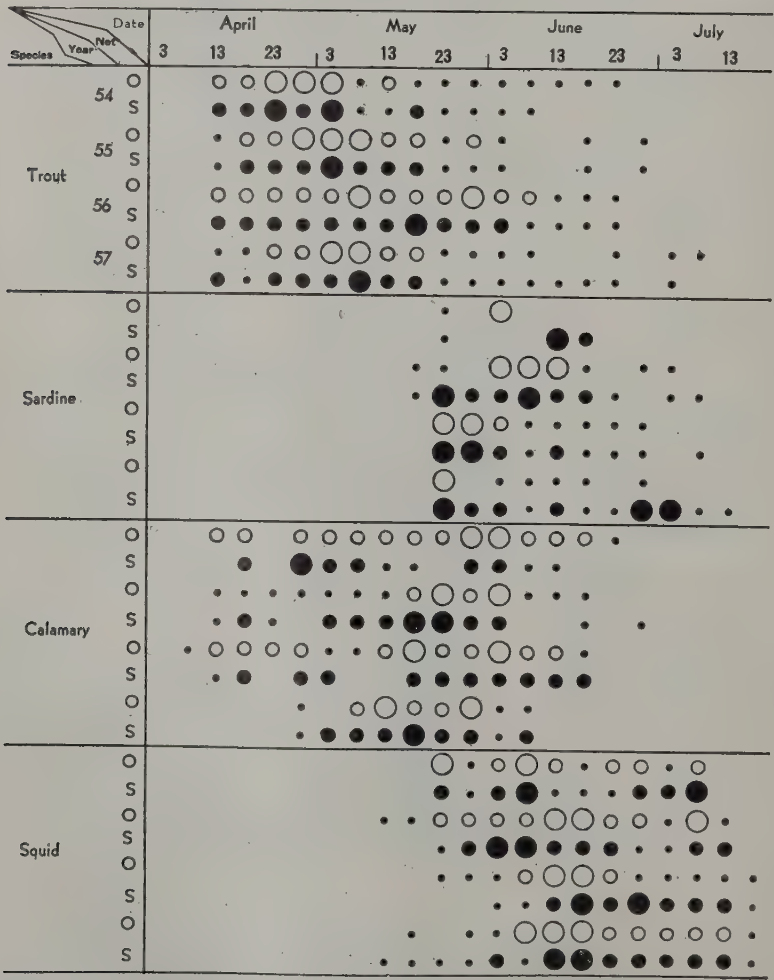


Fig. 5. The fluctuation in the quantities of the fish in every 5-day period
● : Good take • : Moderate take • : Poor take No mark means that the catch is zero. O : Off set-net S : Shore set-net

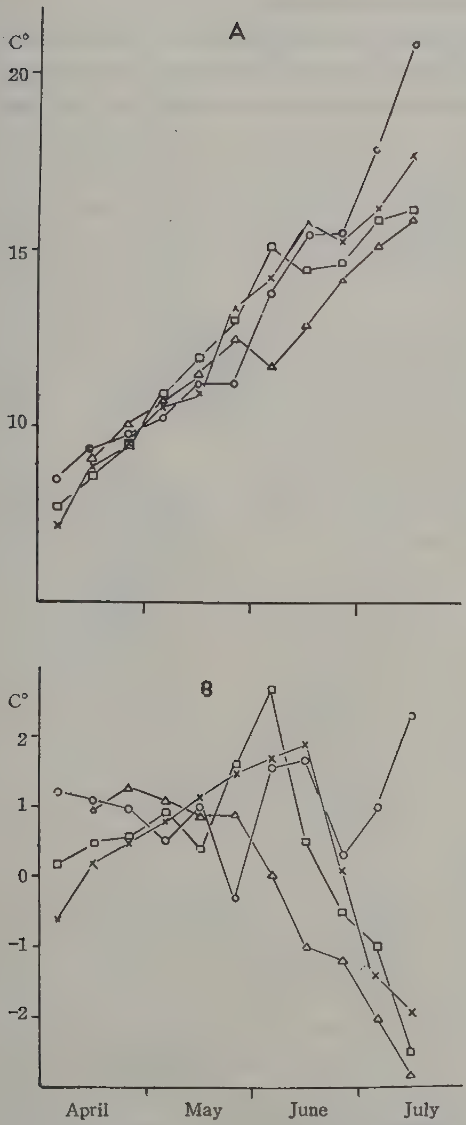


Fig. 6. A) Annual fluctuation of the water temperature off the fishing ground B) Deviation from the mean value in each period calculated from the data of the past twelve years
△ : 1954 □ : '55 ○ : '56 × : '57

magnitude of the catch thus obtained was classified into the following three grades: good, moderate and poor. From the results illustrated in Fig. 5, the following conclusions may be reached. That is, in the trout fishery, the first coming date of the period of increased catch varies a little with the year. In the haul of this fish, it seems to be characteristic that the period of increased catch of the O-net arrives almost commonly earlier than that of the S-net. Similarly to the trout fishery, the increasing periods of both squid and calamary appear to come variably with the year. Further, it seems to be a common phenomenon that regarding the fisheries of these trout, squid and calamary, the poor and then the moderate catch-periods come on before good hauls of them are realized. Being different from the catch processes of these species, the period of increasing catch of the sardine appears to come suddenly, and that, very rarely.

Although the years studied are small in number, summarizing the successive fluctuation in the catches of the four species, it is presumable that the increasing period of each fish is as follows: in the trout, from the end of April to the beginning of May; in the calamary, from the middle of May to the end of the same month; in the squid, from the beginning of June to the middle of the same month; and in the sardine, from the end of May to the middle of June.

Correlation between the catch process and water temperature

Fig. 6, A shows the annual fluctuation of the water temperature of every ten-day period measured at the fishing ground which is, as already described, distant from shore about 2000 meters; B shows the deviation from the mean value in each period calculated from the data of the past twelve years. In the sardine fishery of 1955, the water temperature in both the first and increasing periods was just the same, 11.4° C. As already stated in the former section, the sudden and good hauls of this fish were found to occur on the same day, May 23, for the consecutive three years of 1955 to '57. The water temperature of this day was 11.4°C in 1955, 13.2°C in '56 and 13.4°C in '57, respectively. It is curious that characteristic haul of the sardine was realized on the same day of the three separate years under the different temperature environment. In addition to this case, similar examples of such coincidences can be cited further. For instance, the water temperature in the last period of the sardine catch in 1956 and that of the increasing period in '57 was equally 16.2°C.

Table 1 indicates the ranges of the water temperature in each period in which the four species of the fish were taken in the years 1954 to '57. The trout alone appears to respond to a relatively constant range of temperature. Even assuming the ranges of

Table 1. Range of the water temperature in each fishing period
O : Off set-net S : Shore set-net

Species \ Period / Net		First period	Increasing period	Last period
		C°	C°	C°
Trout	O	8.7 — 9.2	9.8 — 13.1	14.3 — 15.3
	S	8.7 — 9.2	10.1 — 12.0	11.8 — 15.3
Calamary	O	7.3 — 9.5	11.0 — 15.1	14.3 — 15.4
	S	8.7 — 9.5	10.1 — 13.4	14.3 — 15.5
Sardine	O	11.4 — 12.5	13.1 — 15.5	11.8 — 18.0
	S	11.4 — 12.5	11.4 — 16.3	15.4 — 17.8
Squid	O	10.2 — 13.2	11.8 — 18.0	15.3 — 21.0
	S	10.7 — 15.1	14.2 — 15.3	15.3 — 21.0

the water temperature in each period of the other three species to be not so large, however, it is recognized that the maximum degree of the temperature in the first period and the minimum of the increasing period are found to be overlapped with each other. A similar overlap of temperature is also seen between the maximum degree of the increasing period and the minimum of the last period in the fisheries of the calamary, sardine and squid.

From these facts, it seems reasonable to conclude that the seasonal changes in the catch of these four species depend not only on the water temperature, but also on other environmental factors. Also it may be said that the catch of the trout has a relatively close relation with the water temperature when compared with the catches of the other fishes concerned.

Correlation between the quantity of the catch and the low pressure

When considered from the results of the meteorological studies in Northern Japan,[9]

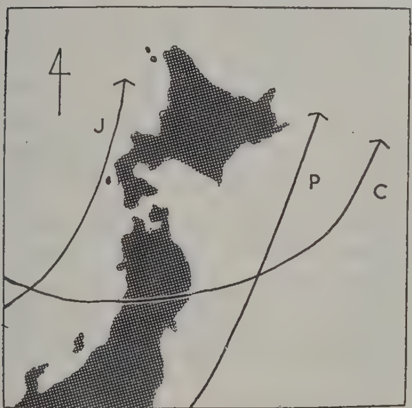


Fig. 7. General courses of the low pressure which approach the set-net fishing gronnd
(J) : Comes up north along the coast of the Japan Sea. (P) : Comes up north along the coast of the Pacific Ocean.
(C) : Comes to the Pacific Ocean northerly from the Japan Sea across the northern part of Japan proper.

the general courses of the low pressure which come upon the present set-net fishing ground are to be classified into the following main three types as shown in Fig. 7 : the first one is that which comes up north along the coast of the Japan Sea (J-type), the second comes up north along the coast of the Pacific Ocean (P-type), and the third comes to the Pacific Ocean from the Japan Sea across the northern part of Japan proper (C-type).

Table 2. The correlation between the increase or decrease of the catch and the approach of the atmospheric depression in every course

Tendency / Species / Course	⌒	\	/	◡	—
			Trout		
J	6	8	7	6	7
P	0	1	5	2	4
C	2	5	4	2	1
Total	8	14	16*	10	12
			Calamary		
J	0	2	2	0	3
P	1	0	3	0	1
C	0	1	0	1	1
Total	1	3	5*	1	5*
			Squid		
J	3	13	6	1	3
P	3	1	6	1	3
C	3	2	6	0	1
Total	9	16*	18*	2	7

J. Comes up north along the coast of the Japan Sea P. Comes up north along the coast of the Pacific Ocean C. Comes to the Pacific Ocean from the Japan Sea across the northern part of Japan proper

⌒ : The catch increases for a few or several days after the atmospheric depression hits the set-net fishing ground.
\ : The catch decreases gradually during several days.
/ : The catch increases gradually during several days.
◡ : The catch increases for a few days before and after the atmospheric depression hits the set-net area.
— : The catch does not change for several days during which the low pressure approached the set-net.
* : See the text.

According to the respective types of these courses, a test was made to ascertain the degree of correlation between the fluctuation in catch of each fish and the atmospheric tendency. The results are given in Table 2. When examined for their possible correlation regarding only each type of the course of the low pressure, no significant difference of the catch was found among the five cases of the atmospheric tendency. For instance, it is clear without examination that in the trout fishery no difference of the catch is found among the tendencies at the time of the J-type. However, in the squid fishery, a high frequency of good hauls is found to be realized in the J-type at the time of the decreasing tendency. With respect to the summed up total frequencies of those of the three courses, the correlation between the haul and the atmospheric tendency was considered to be in the confidence interval of 60 per cent reliability when examined by the method of occurrence probability[10]. It is natural that low pressure does not so frequently approach the fishing ground during a fishery season, every year. The low significancy obtained above may partly be reduced to the small number of the frequencies in the approach of the low pressure which occurred in the four years studied. So, further studies are essential to clarify the present problem. However, it may be presumable from these results that a good haul of the trout occurs for a few or several days after the atmospheric depression has passed from the fishing ground, and a good take of the squid can be expected for a few days before and after such a low approached.

Daily fluctuation of the catch

To analyse the fluctuation of the catch, it is necessary to study the movement of fish as correlated with various environmental factors, under consideration of the micro-climatology. Fig. 8 shows the increase or decrease of the trout catch at the beginning of May, 1957, as influenced by the various changes of the environmental factors. A good take was recorded during the days from the 7th to the 9th. A low pressure hit the fishing ground on the 5th, though the weather soon recovered. Thereafter, only a slight fluctuation of the atmospheric pressure was seen. The surface water temperature of these days varied in the range of 9.0° to 10.2°C. Considering from the data measured in the neighbouring days, it is presumable that the water temperature of this period shows an ascending tendency. The specific gravity showed a progressive elevation in the days from the 7th to the morning of the 9th, though thereafter it decreased slowly to the usual level. The degree of transparency changed every day, the minimum showing 10 meters on the morning of the 9th. A prevailing south-east wind blew continuously in this period. From the observations described above, it is conceivable that a good haul of the trout was realized under the conditions which caused a strong and continuous inflow of the ocean current into the bay accompanying with the wind from a suitable direction by which both confusion of the wave and depression of the transparency were

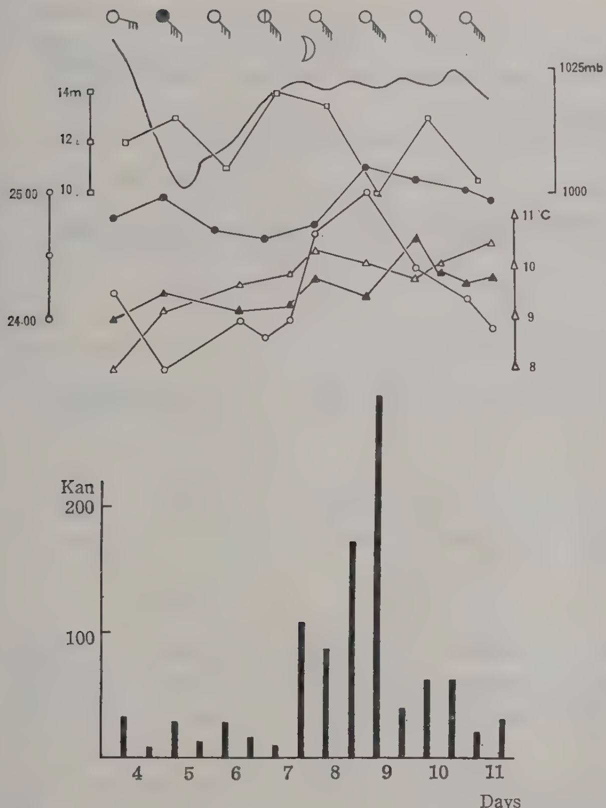


Fig. 8. Correlation between some environmental factors and the daily catch of the trout at the shore set-net fishing ground, early in May 1957
(Amount of the catch is given by "Kan" ; 4 Kan=15 kg)
□ : Degree of transparency　——— : Atmospheric pressure
○ : Specific gravity of the upper layer　● : Specific gravity at the depth of 15 meters　△ : Water temperature of the upper layer　▲ : Water temperature at the depth of 15 meters

induced around the fishing ground. Although such a supposition may be made concerning the trout fishery, it must be reconsidered that fish behaviour dces not depend on a single environmental factor, but, rather, on a coaction which results from many factcrs.

Except the study on the yellow-tail fishery by making use of the sounder,[11] no experiment has yet been done on the problem at what time fish enter into the set-net. Using a fish-detector, the time-relative abundance of the squid was examined at the entrance of the set-net (cf. Fig. 3, E) as a preliminary study. Although the absolute number could not be counted, a relative tendency of the passing squid population was estimated approximately. The observations were made three times in July, 1957, the detector running continuously from evening to early morning. The time-relative abundance calculated from the marks which were recorded at every ten-minute interval is illustrated in Fig. 9. The results show that the passing squids are much more abundant during the hours from about 20 to 24 than at any other intervals. In addition to such a diurnal behaviour pattern, it was clearly observed that the squids move upwards in the sea in the period of the active migration.

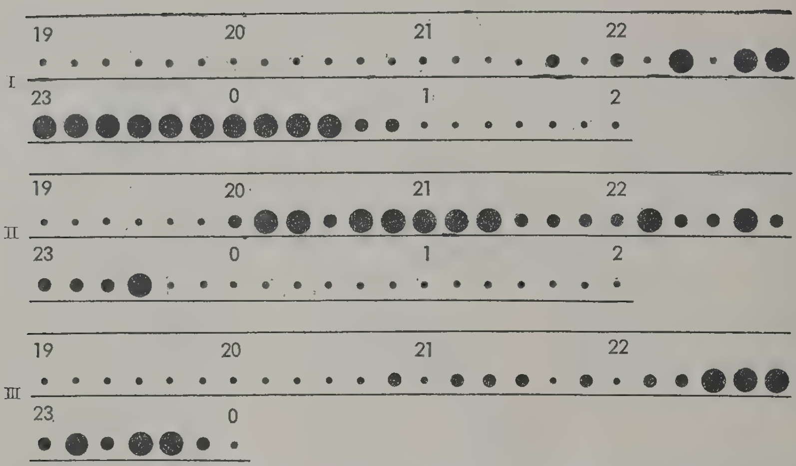


Fig. 9. Time-relative abundance of the passing squids at every ten minutes
● : Abundant • : Moderate · : Poor

SUMMARY

1. The correlation between the meteorological factors and the quantity of the haul was examined from a successional view point, on the basis of the catches of species of fish, trout, calamary, squid and sardine, which were caught at a set-net fishing ground near Hakodate, Hokkaido.

2. The trout haul tends to increase for a few days after the low pressure passed the set-net fishing ground. The changes of some physical factors around the ground in such a good-haul time are briefly discussed.

3. The haul of squid increases for a few days before and after the atmospheric depression hit the fishing ground.

4. The period of the first take as well as the increasing period of the catch in each species was commonly found to come earlier at the off-net than at the shore-net.

5. Almost all of the quantities of both calamary and squid were landed in the morning haul.

6. Using a fish-detector, it was clarified that most of the squids migrate into the net during the hours from about 20 to 24.

LITERATURE CITED

1) Uda, M. & Honda, K. (1934). The catch of Keddle nets in two fishing grounds on the coasts of Nagasaki Prefecture and Idu Peninsula. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 2 (5). (in Japanese).

2) Mitani, F. (1954). Studies on the fishing condition of some useful fishes in the western region of

Wakasa Bay. *Ibid.* 20 (2). (in Japanese).

3) Ishino, M. & Koinuma, A. (1956). [Correlation between the catch of the horse-mackerel in the Tsushima Warm Current and the meteorological factors. *Tsushima Danryû Kaihatsu Chôsa Hôkoku* (4).] (in Japanese).

4) Kimura, K. (1956). On the Pacific saury caught by the set-net. *Bull. Tohoku Reg. Fish .Res. Lab.* (7). (in Japanese).

5) Pack, Y. (1956). On the relation between the catch of sardine in the Tai fishing ground and the meteorological factors. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 22 (3). (in Japanese).

6) Kojima, S. (1955). A study on fishing condition for squid in water off the Oki Island 1. *Ibid.* 2i (4). (in Japanese).

7) ———— (1956). Fishing condition for spuid off the Oki Island 2. *Ibid.* 22 (3). (in Japanese).

8) Miyazaki, C. (1938). Influences of meteorological and oceanographical factor on the incoming salmons on the east coast of Kamchatka. *Ibid.* 7 (4). (in Japanese).

9) Hakodate Marine Observatory (1954-'57). Ten-day marine and meteorological report of the Hakodate Marine Observatory, (1-12, 37-48, 73-84, 109-120).

10) Kato, M., Matsuda, T. & Yamashita, Z. (1952). Associative ecology of insects found in the paddy field cultivated by various planting forms. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Biol.* 19 (4).

11) Hashimoto, T., Nishimura, M. & Maniwa, M. (1957). Noise of yellow-tail when it comes into the set-net —— Relation between the intensity of noise and weather. *Rep. Fishing Boat Lab.* (10). (in Japanese).

FEEDING AND DIGESTIVE PROCESSES OF *STICHOPUS JAPONICUS*

Yoshiaki TANAKA
Faculty of Fisheries, Hokkaido University

I. Introduction

In the annual changes of the feeding activity Tokuhisa (1915) reported that *Stichopus japonicus* has some period under estivation when it ceases feeding after spawning; at that time the intestines are observed to be fill with sand or mud (which is abridged together as food below) excluding the above period, especially showing maximum feeding activity in February and March. Yamanouchi (1941,1942,1956) stated, in the daily rhythm of the feeding activity, that genera Holothurian and Stichopus are classified into the following three groups according to their feeding habits on the basis of anatomical observations on materials collected from the coral reef of Palao Island and in Mie Prefecture.

1) Group 1 takes food actively day and night.

2) Group 2 gives up feeding at night, and burrows into the ground,

3) In the 3rd group, the animal hides itself under the marine plants or the stones instead of burrowing into the sand or the mud while fasting.

Clark (1954) noted that holothurian and other bottom animals generally extract organic matter out of sand or mud which pass through their intestines. In the holothurians, Tokuhisa (1915) commented that they extract organic matter out of sand or mud taken together. Hunt (1925) stated that they digest the plankton and organic deposits contained in sand or mud. In the digestion of the intestine, several digestive enzymes were examined quantitatively on *Caudina chilensis* by Sawano (1927). So far as the present author is aware, however, there are few studies concerning the mechanism of the digestion of organic matter taken as food by those animals.

As to the feeding by holothurians, as noted above, there are many items of information along the lines of ecology and physiology, but no one has examined the whole process of digestion and absorption of the food taken from bottom materials.

Accordingly, it may be necessary for the understanding of their feeding habits to study from ecological view points the seasonal changes in the amounts of food taken by the holothurians, and the dynamic processes employed in the nutrition absorption by their intestines for transmission to their tissues and in the excretion of non-digested organic material.

The present study is designed to clarify systematically the above mentioned processes of *Stichopus japonicus*. Reported herein are the results obtained by comparison of the feeding amounts in December 1956 with those in July and October 1957, by examining

the decrease of the nutritive matter, especially of nitrogen contents in their intestinal food caused by absorption, and by investigation nitrogen contents in digestive juice. At same time the variations of the components of their body fluids are predictively reported which their body fluids might intervene between their intestines and tissues during the absorption. This study was carried out at Usu Bay in Hokkaido.

The author wishes to express his thanks to Prof. T. Tamura and Assist. Prof. H. Ohmi of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, for the guidance in the course of the present experiment and for reading manuscript. Thanks are also due to Mr. A. Fuji of the same Faculty, who gave many invaluable suggestions and criticisms, and to Mr. S.Sibuya, Director of the Usu Fisheries Laboratory of Hokkaido Regional Reseach Laboratory, for all possible help in providing many facilities.

II. Process of digestion

It is convenient to keep animals under fasting condition in the examination of their digestive process, which indicates the removal of the food in their intestines. Therefore, in the present work animals were observed in December 1956, July and Octobr 1957 under the above condition; in December, July and October the diminution in the quantities of food in intestines was studied; in July the change in amounts of nitrogen content and non protein nitrogen (NPN) in intestinal juice was observed, and in December study was made of the decrease in nitrogen content by the digestion of the food taken, with the progress of time.

(*a*) *Time of digestion*

The material used consisting of 166 specimens were collected from the entrance of Usu Bay by a landing net. Animals were removed immediately to a box like a fish preserve and then the observation was started. Their excrements fell out of the box and the animals were kept so as not to be able to find their food. After that the animals are taken out at regular intervals to measure total body weight and total wet weight of the intestinal food. The feeding amounts were converted into the intestinal food weight per total body weight as this is the most convenient unit to show the relative food amounts, and observations were continued for 30 hours in December, 165 hours in July and 45 hours in October.

As shown in Fig. 1, no difference in the average feeding amounts was found between December and July, viz., 4.4 and 4.6% respectively. The time of digestion, the total hours used in the excretion of entire intestinal food required about 30 hours both in July and December. However, the feeding amounts in October decreased 2%, and in general the feeding amounts in October were clearly different from those in July and December. The intestines of animals used in October were smaller in size being more shrunken than those used in July and December. Moreover in a few specimens it was impossible to find them because of their degeneration.

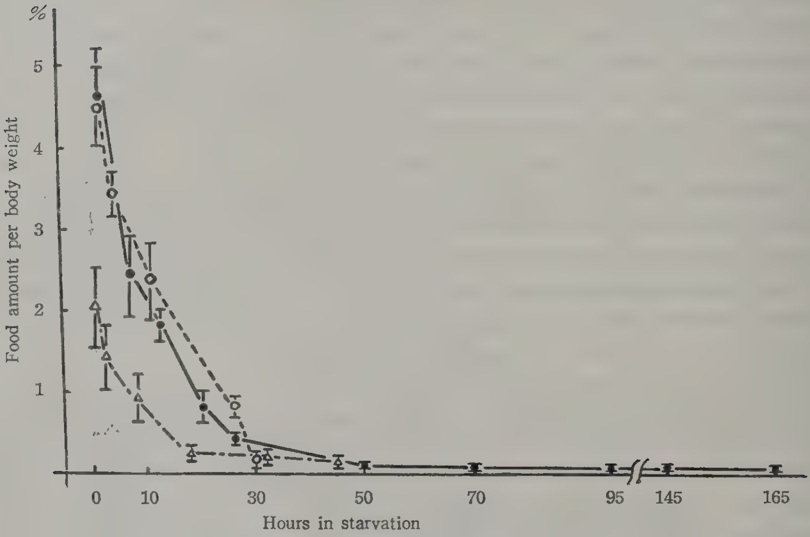


Fig. 1. Decreases in the intestinal food of *Stichopus japonicus* under starvation
The feeding amounts of the animal collected from field are shown at the starting point. Vertical lines indicate the standard error of the mean. The symbols indicatete as follow: ○--------○ Experiment in December, ●———● Experiment in July, △— - —△ Experiment in October.

It seems possible, therefore, that the feeding activity in October is sluggish in comparison with that of July and December. The time of digestion was also different from the results obtained in July and December decreasing to about 0.25% during 18 hours. This difference seems to be due to the length of their intestines becoming smaller by degeneration, and, in addition, to the influence of their intestinal contents. In the July observation, extending over 165 hours, most intestines of animals still held a little food, the average amounts never showing zero per cent in 165 hours throughout the examination period.

Tokuhisa (1915) reported that animals pass some periods under an abnormal condition,* estivation, during which their intestines degenerate owing to starvation after spawning, and that it is impossible to find their intestines during this period, which becomes shorter in northern regins, and in Hokkaido extending for two weeks in July. Kinosita (1939) stated, however, that he cannot perceive such condition as notes above in his own observation in Hokkaido from May to September and he is positive in denying it. Fig. 1 indicates that amounts of food decrease distinctly in October, and the intestines

*) This word denotes the same meaning with 'estivation'

become smaller in the process of degeneration or some other unrecognizable process. Therefore, it is clear that the animals are under estivated condition in early October.

Tokuhisa (1915) mentioned that the estivation begins in the water at over 16°C. No animals, however, were under such condition in the present observations in July, the water temperature showing about 17°–19°C in the process of becoming warmer. In October when the water temperature showed 16°–18°C which trended to come down, they were under estivated condition. Thus it may be suggested that the estivation is indirectly influenced by the water temperature which successively effects the physiological activities controlled by water temperature, as Yamanouchi (1942) noted.

(*b*) *Intestinal juice*

Those observations were made simultaneously with the above experiment. The intestinal juice was sufficiently extracted from the small intestines, but it was hardly possible to take it out from the large intestines. NPN in the intestinal juice was separeted with the addition of a 10% trichloroacetic acid. Total nitrogen contents and NPN are measured by Kjeldahl method and photo-electric colorimeter. In the experiment in December estimation was made of the percentage of NPN per total nitrogen contents, and progressive decrease in total nitrogen was examined in July.

Fig. 2 summarizing the results shows that percentage of NPN was 58% in July at the beginning of the present experiment; it gradually increased for 12 hours and thereafter declined more gradually. NPN was contained in the amount of 75% of the total nitrogen after 165 hours of experiment in July. The fluctuations show the identical tendencies, though the experimental terms were different, in December and July. The amounts of nitrogen in intestinal juice measured 71 mg per cent at the beginning of this experiment, but after 50 hours they showed 34 mg per cent. It clearly depends upon the extraction from the food through digestion that such amounts of nitrogen are contained in the intestinal juice from the beginning to the end of the 50 hours period (Fig 2). Therefore it is evidently due to the digestion that the percentage of NPN increases from beginning of the present observation to 12 hours in spite of decreasing the amounts of nitrogen intake. This observation clearly demonstrates that the digestion is active for 12 hours and not after then, as total nitrogen and NPN both decrease during the 12 to 50 hours period. After 50 hours the nitrogen and NPN keep almost at the same amount of about 35 mg per cent and 70 per cent respectively. Accordingly, it may be presumed that those nitrogen contents are not included in the foods but are body components.

From Fig. 2 it is understood that the average pH values intestinal juice, when food is seen in the small intestines, turn from 6.1 in the beginning of the experiment to 5.6 within 12 hours. After that no food is found in them, and at 50 hours the values increase to 5.9; afterwards they keep the same value.

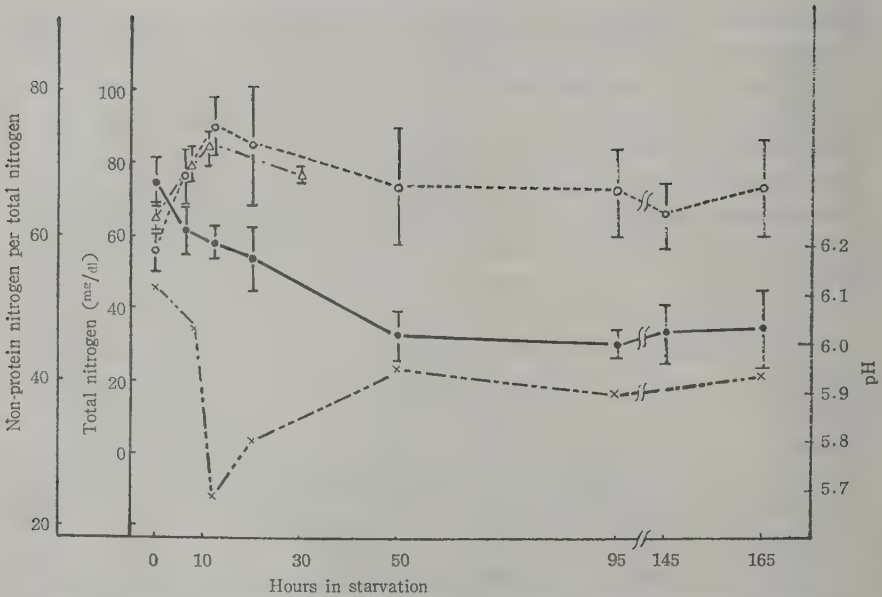


Fig. 2. Changes of components in the intestinal juice of *Stichopus japonicus* kept under starvation Each bar indicates the standard error. The symbols indicate as follow:
●——● Total nitrogen, ○------○ Percentage of non protein nitrogen in Jnly,
△—·—△ Percentage of non protein nitrogen in December,
×-·-·-× Average pH value.

Sawano (1927) reported of *Coudina chilensis* that pH values of the intestinal juice are between pH 7.3 and 7.7 by colorimetric estimation. On the other hand, in eight holothurian species Yamanouchi (1941) reported that those values range from 5.5 to 6.7 when the creatures' intestines are filled with food and from 5.0 to 6.2 when empty. This wide difference between the values obtained by the present author and those by Sawano may be ascribed to the different species used as material.

Although the values indicate the results obtained by observations, it is assumed that change in the values may be due to the intensive activity of digestion which varys with amounts of the food in the intestines. Accordingly pH values may be conceivable as one of the effective means for the estimation of the degree of digestion.

(c) *Changes of nitrogen contents in the food during period from feeding to excretion*

Although the feeding habits of *Stichopus japonicus* have been observed by many researchers, they merely reported that the creature's nutrition depends upon organic materials and plankton. So the present author examined total nitrogen contents of food,

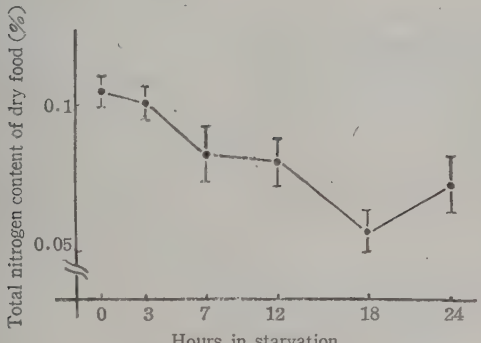


Fig. 3. Changes of nitrogen contents in food in process of digestion
Vertical lines represent the standard error.

strictly speaking, of the sand in gullet and one near anus in the course of digestion and absorption. The animals examined in December numbered 69 specimens. Their intestines are removed from body cavity after dissection. About 0.2 gr of samples in wet weight are taken out of the food at the part nearest the mouth in their intestines, as the food in gullet moves towards anus in entire shape. Total nitrogen contents in the food were measued by kjeldahl method after drying; the results of analysis are presented as percentage in dry materials.

As shown in Fig. 3, average total nitrogen included in food is 0.11% at the beginning of this observation; it decreases to 0.06% in 18 hours. It is evident that this diminution of nitrogen is due to absorption. Total nitrogen, however, shows 0.07% after 24 hours, and this increment may not be caused by digestion and absorption but may be ascribable to the minority of animals, because a few of them have not food in their intestines.

Total nitrogen measured, as already stated, at 0.11% in the food in their gullet when collected in the field, whereas bottom materials in collecting place included 0.03% in nitrogen. This difference is attributed to the fact that the animals take the sand in which much organic materials are included, being piled over the upper surface of bottom. A test performed in Mutsu Bay showed essentially similar outcome to the above description.

III. Process of feeding

The process of feeding of this animal was studied in specimens which were fed after starvation of 165 hours in July and after 45 hours in October, respectively. The very same animals were used both at the beginning of the observation (Figs. 4,5) and at the end of starvation (Figs. 1,2). In July and October the changes in quantity of the food in their intestines were examined; also, in July, the increases in total nitrogen and NPN in intestinal juice were observed.

(*a*) *Time of feeding*

The starved animals were put for feeding in the wirecages of 70 × 70 × 20 cm, settled so as to push into bottom sand, so that the cages were always one quarter full

of sand. The animals were observed at regular intervals and feeding amounts were estimated by the same method as that stated above.

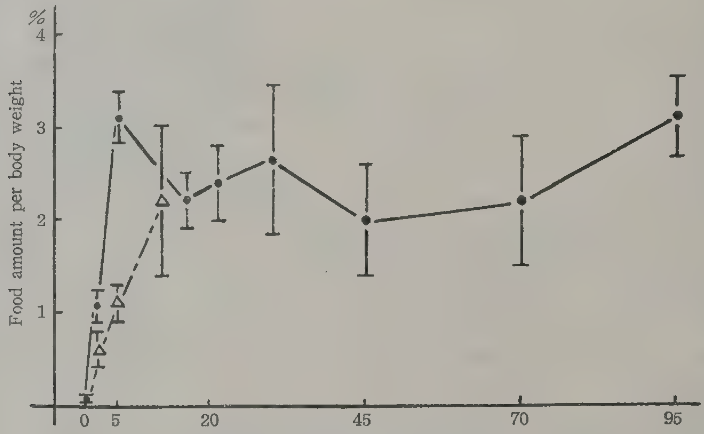


Fig. 4. Increases of the intestinal food of *Stichopus japonicus* upon feeding after starvation
Each symbol and vertical bar is the same as those in Fig. 1.

In July amounts of food taken increase by about 3% in 5 hours as shown in Fig. 4 and the intestines of all the animals were filled with food. However, no food was yet found near the anus in their intestines for 1.5 hours from the beginning of the observation. They were filled likewisely with food after 5 hours. On the other hand, in October the feeding amounts augment by 0.1% after 1.5 hours, 1.1% after 5 hours and 2.1% after 12 hours respectively from the beginning of the observation; after 5 hours a few animals have food in their intestines, while the intestines observed in 12 hours are replete with food. Therefore length of time of feeding differs to some extent between July and October. This difference may reasonable be attributed to the fact that feeding activity is normal in July but is not in October (Fig. 1), the latter owing to the degeneration of their intestines on account of having given up feeding.

In July the average feeding amounts show 4.6% when the animals are collected from the field, but they show about 3% when they are fed after starvation. In October the average shows about 2% both in feeding quantity of the collected animals and in those after starvation (Figs. 1,4). The diminution in July may be caused by artificial starvation, for in October feeding ability may not be influenced by the starvation for 45 hours, but is influenced by for 165 hours' starvation in July.

As understood above, the estivating animals are under an abnormal condition in

which their intestines degenerate on account of giving up feeding for some unknown reason. The factors inducing estivation and artificial starvation employed in this study differ from each other. Long starvation makes the intestine capacity smaller, so the feeding amounts after starvation are smaller than those before it (Fig 3).

(*b*) *Intestinal juice*

The material and the technique used in this observation are exactly the same as described in (I).

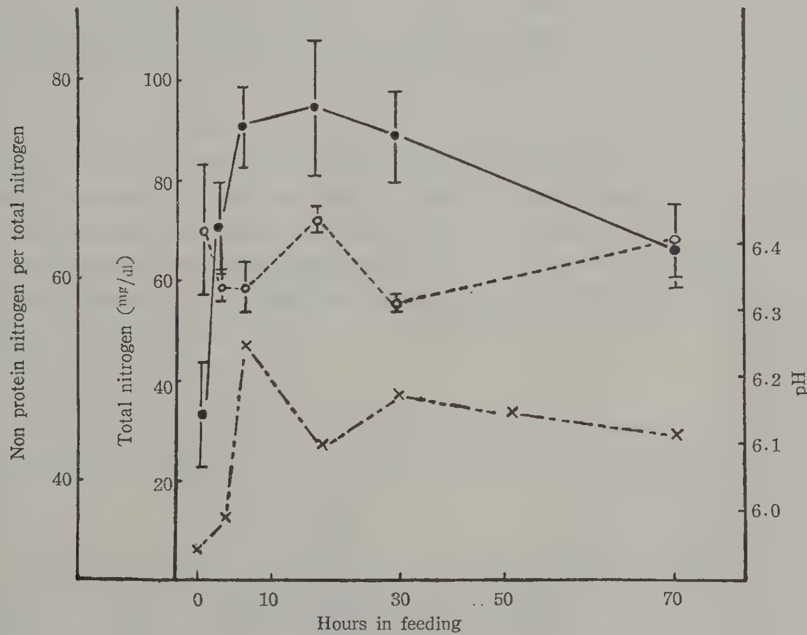


Fig. 5. Changes of components in the intestinal juice of *Stichopus japonicus* when fed after starvation
Each symbol and vertical bar is the same as those in Fig. 2.

As shown in Fig. 5, total nitrogen rose very rapidly to 90 mg per cent in 5 hours and attained to maximum of 94 mg per cent in 16 hours. It is clear that the nitrogen increased because it had been removed from the food by the digestion. The absolute nitrogen amounts removed out of the food, that is, the true nutritive element, are higher in quantities than those values shown in Fig. 5, for some nutrition is absorbed into the intestine.

The increasing nitrogen in the juice for 16 hour period indicates that the amount removed from the food is higher in qantity than that absorbed, and the latter gradually becomes higher between 16 and 70 hours. At 70 hours it comes down to the normal

degree as observed in collecting time from field (Figs. 2,5).

The percentage of NPN attains to a maximum of 73% in 16 hours. It is easily known that this high percentage is due to the active digestion when much nitrogen is contained in intestinal juice. Decline of percentage from 16 hours to 30 hours does not occur in the least, but because of the dullness of digestion, or otherwise that percentage is influenced by the absorption of NPN.

Average pH value augments to 6.2 in 5 hours and holds a constant level of about 6.1 after 16 hours, being essentially similar to pH value in animals collected from the field (Figs. 2,5). There can be seen a considerable correspondence between the range of pH values treated in part (I) and (II) by the present author and that shown by Yamanouchi (1941).

IV. Sugar and non protein nitrogen in the body fluid

This study was made in July in conjunction with the above investigation examined and the animals used numbered 105. The fluid was allowed to stain and the clot, containing wandering blood cells, was removed by filtration. NPN in the coagulum-free filtration of body fluid was determined by Kjeldahl method, the proteins being first precipitated with trichloracetic acid. Reducing sugar in the filtration was determined by Somogi method.

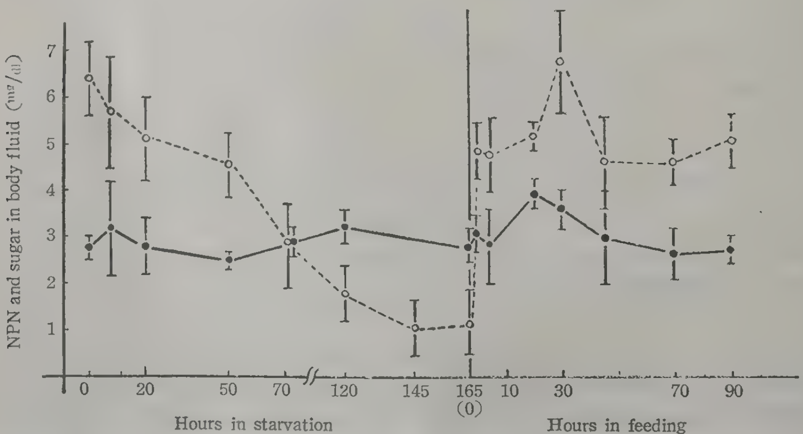


Fig. 6. Changes in the amounts of sugar and NPN in the body fluid of *Stichopus japonicus* in the processes of starvation and feeding
Vertical lines cover the range of the standard error of the mean. The symbols indicate follws: ○--------○ Sugar, ●———● Non protein nitrogen.

As shown in Fig. 6, sugar and NPN in the body fluid, when the animals are collected from the field, are usually present in the body fluid of *Stichopus japonicus*

to the extent of about 6.4 mg per cent and 2.8 mg per cent respectively, while the average amounts of sugar are gradually decreased to 1.2 mg per cent after 165 hours of starvation. NPN, however, does not change markedly in either full or empty intestines. Sugar in the fluid rises very rapidly to the maximum of 6.8 mg per cent after 30 hours from the beginning of the feeding after starvation; after 45 hours it comes down to about the same level as observed in collecting time from the field. NPN does not increase conspicuously for the duration of the above experimental period, but it is observed to increase slightly in 16 hours.

Lasker and Giese (1954) reported that no seasonal variation of sugar and NPN are recognized in body fluid of sea urchins under normal condition, and that those constituents increase remarkably upon feeding with special food after starvation; similarly NPN and sugar show like tendency under starvation in *Stichopus japonicus*. Lasker and Giese interpret their results as meaning that nitrogen compound stored in sea urchins gonad must be liberated upon starvation to maintain the supply of soluble NPN and therefore the gonad is almost completely resorbed.

As noted above, a considerable correspondence is seen between the results of this study and those by Lasker and Giese, though increase in rate of NPN shows discrepancy between the two result. This difference may be ascribed to the fact that sea urchins are fed upon a high protein diet.

Although the nitrogen compounds in sea urchins are stored in their gonad, the animals examined in the present study are mostly in spent condition as shown by their having very small gonads. It may be shown, therefore, that NPN is kept at constant level under starvation owing to the liberation from body tissues, not from the gonads different to the case in the sea urchins.

In Fig. 6, constant amounts of NPN and decreased sugar suggest that nitrogen compounds stored in tissues are liberated to supply soluble NPN, but that no sugar is liberated for storage as kinetric energy in tissues.

V. Discussion

Yamanouchi (1941, 1956) mentioned that holothurians in Palao Island can be divided into three groups according to their feeding habit. If this categorization is applicable to Hokkaido animals then it is dangerous to deal with such a thing as satiation in feeding condition of animals collected from field. Yamanouchi (1942) further stated, having studied *Stichopus japonicus* in Mie Prefecture, that it takes food uninterruptedly all day long and its intestine is always filled with food. Accordingly the animals used in the study of the present author is not collected at any special time on the supposition that it is always under satiation. For all intestines of the animals used in each observation are seen to be filled with food.

Time of digestion in *Stichopus japonicus*, until their intestines become empty, is

reported to be 12 hours by Isono (1925) and to be 24 hours by Yamanouchi (1929). From Fig. 1 it is clear that the time of digestion is over 30 hours in December and July, and that it is 25 hours under abnormal feeding conditions in October.

As for the time of feeding, Yamanouchi (1941) reported in holothurians of Palao that the intestine of *Holothuria atra* is filled in 4–5 hours, of *H. edulis* in 5 hours, of *H. scabra* in 2–2.5 hours, of *H. vitiensis* in 3–4 hours, of *H. bivittata* in 3–5 hours, *Stichopus variegatus* in 2–3 hours. Consequently, the intestines of the above species are filled with the food in 2–5 hours. Further he continues that the intestin of *Caudina chilensis* from Asamushi is filled with the food in 2 hours. Though a wide difference can be seen between duration of digestion and of feeding, that difference may be ascribed to the feeding conditions under which the animal in question gives up feeding and takes food occasionally rather than to some internal factor, e.g., digestion.

As to the effect of temperature upon the time of digestion, many investigators have already pointed out that the digestion takes place slowly under comparatively lower temperatures in vertebrata. It is clearly demonstrated, however, that digestion in *Stichopus japonicus* takes place to the same degree in two different temperatures, under either 16°C–18°C in July or 2°C–5°C in December (Fig. 1). Therefore, the digestion is not effected in the least by the temperature within the range as shown above except for the abnormal feeding condition in October. It is reasonable to suggest that the effect of temperature upon digestion is comparatively weak in this animal.

As noted above, the animal must move widely on the bottom surface in order to obtain sufficiency of organic matter. If seasonal changes in movement are provoked, there must be seen some change in the amount of organic materials absorbed. That change may exert effect on the creature's growth.

In this study it is shown clearly that the animal spends some period under estivation, and yet that period cannot be determined because no examination of feeding amounts for successive long period has been made. The behavior of the animal under this condition may be evidently explained by the seasonal changes in its physiological activities, and at the same time the cause leading to the estivation may be found out. Accordingly, the metabolism of this animal must be a author subject for further reseach.

The sugar in body fluid rapidly exerts a influence upon the digestion and absorption of food in the intestines; this effect may be interpreted to be due to the following two causes. The body fluid of the animal contains blood corpuscles (Kawamoto 1927). The fluid and the blood have a chance to mix with each other (Yazaki 1930). In holothurians have a indistinct boundary between a blood-vessel and body cavity, thus the fluid which varies in amounts in a short time may intervene between blood-vessel and tissues during absorption of nutriment. On the other hand, if the nutriments remove directly to tissues from blood-vessels, the change in amounts of sugar content shown in Fig. 6 may

indicate less amounts than those practically removed to their tissues, for the blood-vessels of this animal are open.

VI. Summary

This study was executed using *Stichopus japonicus* kept under starvation and under feeding after starvation in order to observe the feeding and digestive processes, and constituent of body fluid. The place was Usu Bay in Hokkaido, and the dates December 1956 and July and October 1957. The results obtained may be summarized as follows;

(1) The average feeding amounts in December and in July are 4.4 and 4.6% of the body weight respectively. Time of digestion in both periods is about 30 hours. Time of feeding varies from 1.5 to 5 hours; no difference can be seen between above two data obtained in December and those in July. The feeding amounts taken in October, differing from those in December and July, show 2.1%; some of the animals give up feeding owing to degeneration of intestines. Estivating animals to be found in Hokkaido.

(2) No digestion and absorption in their intestines is observed after 50 hours of starvation. Intestinal juice is always contained to the amounts of about 30 mg per cent of total nitrogen of body components.

(3) Total nitrogen of food lying near gullet and anus is varied from 0.11 to 0.06% respectively by digestion and absorption.

(4) The food in the gullet contains as much nitrogen as 3–5 times the amount of that contained in the bottom materials near which *Stichopus japonicus* lives.

(5) The average amount of sugar in body fluid comes to 6.4 per cent at the time of collection from field, and it decreases to 1.1 mg per cent after 165 hours of starvation. In the feeding after starvation it increases to 6.8 mg per cent. On the other hand, NPN shows constant level of about 3 mg per cent under both starvation and feeding.

References

Clark G. L. (1954). *Element of Ecology*. 534p. Philadelphia; Saunders.

Hunt, O. D. (1925). The food of the bottom fauna of the Plymouth fishing ground. *Jour. Mar. Biol. Assoc.* 13(3), 569–570.

Isono, T. (1925). The regeneration of *Stichopus japonicus*. *Suisan Kenkyushi*. 24(9), 202–203. (in Japanese).

Kawamoto, N. (1927). The anatomy of *Caudina chilensis*. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. 4 Ser.* 2(3), 239.

Kinosita, T. & Tanaka, S. (1939). The food of *Stichopus japonicus* in Hokkaido. *Suisan Kenkyushi* 34(1), 32–35. (in Japanese).

Lasker, R. & Giese, A. C. (1954). Nutrition of the sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*. *Biol. Bull.* 106(3), 328–340.

Sawano, E. (1927). On the digestive enzyme of *Caudina chilensis*. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. 4 Ser.* 3(1), 205-218.

Tokuhisa, S. (1915). On *Stichopus japonicus* in Nanao Bay. *Suisan Kenkyushi.* 10(2), 33-37. (in Japanese).

Yamanouchi, T. (1929). Nots on the behavior of holothurian, *Caudina chilensis*. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. 4 Ser.* 4(1), 73-115.

——— (1941). On the studies on Holothurians in Palao. *Kagaku Nanyo.* 4(2), 136-148. (in Japaness).

——— (1942). Food habits of *Stichopus japonicus*. *Jap. Jour. Zool.* 54(9), 344-346. (in Japanese).

——— (1954). The daily activity rhythms of the Holothurians in the coral reef of Plao Island. *Publ. Seto Mar. Lab.* 5(3), 347-362.

Yazaki, M. (1930). On the circulation of the periviscera fluid in *Caudina chilensis*. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. 4 Ser.* 5(2), 403-414.

Appendices Full data showing variation of food amount, and of chemical components in intestinal juice and in body fluid

1. Experiment in July

Treatment	Hours	Number of individuals	Range of body weight gr	Feeding amounts Range %	Feeding amounts Average %	NPN/Total N in intestinal juice Range %	NPN/Total N in intestinal juice Average %	Total N in intestinal juice Range mg/dl	Total N in intestinal juice Average mg/dl	pH Range	pH Average	Sugar in body fluid Range mg/dl	Sugar in body fluid Average mg/dl	NPN in body fluid Range mg/dl	NPN in body fluid Average mg/dl
Starvation	0	9	111.1–215.8	2.9–7.0	4.6	50.7–62.8	57.6	0.51–0.91	0.65	6.1–6.2	6.1	5.0–9.2	6.4	2.5–2.8	2.7
	6	6	134.9–278.4	1.4–3.8	2.4	67.5–68.0	68.8	0.49–0.91	0.61	5.9–6.2	6.0	3.7–8.0	5.7	1.7–3.4	3.2
	12	5	135.1–186.1	1.2–2.2	1.8	67.6–80.2	75.1	0.48–0.58	0.54	5.6–5.8	5.6	3.7–6.7	4.8	—	—
	20	7	141.5–164.0	0.3–1.1	0.8	55.9–81.6	72.1	0.41–0.77	0.54	5.6–6.1	5.8	2.5–6.7	5.1	1.5–3.8	2.8
	26	5	100.5–190.6	0 –0.4	0.2	—	—	—	—	5.8–6.0	5.9	2.5–6.7	5.0	—	—
	50	5	71.4–206.2	0 –0.5	0.1	57.9–79.5	66.6	0.16–0.59	0.33	5.9–6.0	5.9	3.0–6.2	4.2	2.2–2.7	2.5
	70	5	107.6–219.4	0 –0.2	0.05	—	—	—	—	5.7–5.9	5.8	2.5–5.5	2.7	2.2–3.9	2.9
	95	5	72.2–127.6	0 –0.2	0.06	56.1–74.1	67.6	0.21–0.41	0.31	5.9–6.1	5.9	0 –5.5	2.3	—	—
	145	5	96.5–139.2	0 –0.5	0.1	—	—	—	—	5.7–6.1	5.9	0 –3.0	1.1	—	—
	165	5	62.4–113.1	0 –0.1	0.04	59.2–88.0	73.6	0.28.0.51	0.36	5.8–6.2	5.9	0 –2.5	1.2	2.5–3.5	2.8
Feeding	1.5	7	97.8–227.2	0.9–1.7	1.1	54.8–74.3	62.1	0.43–0.80	0.71	5.9–6.2	6.0	5.0– 6.2	4.9	2.2–3.7	3.2
	5	5	88.5–141.4	1.9–4.2	3.0	52.5–64.9	58.7	0.81–1.0	0.91	6.2–6.3	6.2	2.5– 6.7	4.8	2.5–4.8	2.9
	16	6	73.6–146.2	1.1–3.4	2.2	69.5–78.9	73.9	0.68–1.33	0.94	5.9–6.2	6.1	3.7– 6.2	5.2	3.5–4.1	3.9
	30	5	61.1–108.6	1.4–4.5	2.9	55.7–56.2	56.0	0.64–1.11	0.89	6.1–6.2	6.2	5.0–10.0	6.8	3.0–4.1	3.6
	45	4	109.3–161.8	1.7–2.1	2.0	—	—	—	—	6.1–6.2	6.2	3.7– 5.0	4.6	2.3–3.7	3.0
	70	5	103.5–186.5	0.5–3.5	2.1	68.6–79.3	75.9	0.55–0.74	0.65	6.0–6.2	6.1	3.0– 6.2	4.6	1.2–4.1	2.7
	95	5	71.0–129.4	2.4–4.9	3.6	—	—	—	—	—	—	3.7– 6.2	5.1	2.2–3.2	2.7

2. Experiment in October

Treatment	Hours	Number of individuals	Range of body weight gr	Feeding amounts Range %	Feeding amounts Average %
Starvation	0	11	61.5–201.5	0 –4.3	2.0
	2	9	49.1–260.5	0 –3.4	1.4
	8	5	32.5–100.2	0.6–1.9	0.8
	18	5	35.5– 88.4	0 –0.6	0.2
	32	4	39.0– 97.6	0 –0.3	0.1
	45	5	54.0– 87.6	0 –0.2	0.1
Feeding	1.5	6	64.6–115.7	0 –1.4	0.6
	5	5	47.6–185.0	0 –2.5	1.0
	12	5	62.7–153.5	0.6–3.4	2.1

3. Experiment in December

Treatment	Hours	Number of individuals	Range of body weight gr	Feeding amounts Range %	Feeding amounts Average %	NPN/Total N in intestinal juice Range %	NPN/Total N in intestinal juice Average %
Starvation	0	19	65.8–227.9	2.5–3.7	4.4	60.0–74.8	68.3
	3	22	35.6–164.0	1.3–5.1	3.4	59.8–79.3	68.8
	10	10	61.7–247.6	1.2–3.4	2.1	67.9–87.0	76.8
	26	12	56.4–128.9	0.2–1.5	0.8	———	———
	30	7	32.6– 52.6	0 –0.6	0.2	69.5–77.3	73.3

SEASONAL CHANGES OCCURRING IN THE GONAD OF *STICHOPUS JAPONICUS*

Yoshiaki TANAKA
Faculty of Fisheries, Hokkaido University

Introduction

In the breeding season of Holothurioidea, Kinosita (1936a, b, 1938), employing *Stichopus japonicus* in March to September, presumed the spawning season by classifying the gonad into 11 stages according to ripeness of its gametes, which is determined by microscopical examination of a pipette sample taken from the gonad. In Miyagi Prefecture, Murachi reported in his personal communication the gonadal development of *Stichopus japonicus* by means mainly of the anatomical method to the author basing on his own observation (1950). Colwin (1948) reported by the observation of shedding of the animal in the aquarium that the spawning period of *Thyone briareus* is June. Inaba (1930) stated in *Caudina chilensis* on the basis of investigation of frequency of appearance of the eggs and larvae in sea water that the breeding season begins in about the middle of May and ends in late June.

The gonad of *Stichopus japonicus* is enlarged in the first half of a year including the breeding season, but the gonad is so small that a careful microscopical examination is necessary to determine the sex in the later half of the year, as it is difficult to recognize the gonad itself under spent condition owing to extreme shrinking. Most studies concerning the breeding of Holothurioidea have employed the anatomical method in some period including breeding season. Accordingly, a systematic histological description of the development process of the gonad throughout the year is needed. It may be necessary to observe seasonal changes of the gonads to understand the sexual phenomena.

This study deals with the changes occurring in the gonad of adult *Stichopus japonicus* at different seasons of the annual cycle. It was carried out from June 1956 to November 1957. Materials for this study were collected nearly every month. The development process of its gonad was observed by anatomical and histological methods.

The author wishes to his thanks to Prof. T. Tamura and Assist. Prof. H. Ohmi of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, for their guidance in the course of the present study and for reading the manuscript. Thanks are also due to Mr. A. Fuji of the same Faculty, who offered many invaluable suggestions and criticisms.

Materials and Method

The materials collected from Ishiya along the coast of Funka Bay in southern Hokkaido were each more than 100 gr in body weight; the total number of animals empolyed are shown in Table 1. Gonad index means 100 times the gonad weight per

body weight. This is the most convenient unit to show the relative gonad weight. The gonad was removed from body cavity after dissection, and the sample used in histological observation, which were taken out of the gonadal tubules at the part nearest the genital pore, were fixed by Bouin. Sections were cut 10 microns thick, and are stained in Delafield's haematoxylin followed by eosin.

Results

(1) Annual development process of the gonad

The gonad of all animals collected were observed by means of the sections. To understand the development process of the gonad, it may be convenient to classify it into some stages according to the maturation. In the present study the following five stages were determined according to their development by histological observation.

(*a*) *Resting stage* (Pl. I, Figs. 1. 6)

Females: In resting condition the gonadal wall is remarkably shrunk, and the wall of follicle is very thin. The ovarian follicle contains the unspent eggs, which are comparatively small in size, during the development process. These eggs are absorbed; in some eggs are noted indistinct profiles to be destroyed by phagocytic cell.

Males: The follicle of males, like the females, has a residue of unspent spermatozoa, which show mature appearance.

(*b*) *Recovery stage* (Pl. I, Figs. 2, 7)

Females: In this stage, there are no unspawned ova in follicle. Though the ovarian wall is still in a contracted state having many rumples, the follicle layer begins to develop as a concentric circle along the inner part of the gonadal wall. Young oocytes, which are attached to a follicle, have one nucleus and chromatin-nucleolus, and are less than 30 μ in diameter. Follicle center is empty.

Males: Although the wall of the follicle is very thin in resting stage, it becomes thick in accordance with the development in this stage. Spermatogenesis has begun.

(*c*) *Growing stage* (pl. I, Figs. 3, 8)

Famales: The wall of the follicle in this stage is seen growing and protruding star-shaped towards the lumen of the tubules owing to active oogenesis, though such growth is along the gonadal wall in the former stage. Many oocytes which appear in sections are still connected with the wall of the follicle. Nucleus and Chromatin-nucleolus are clearly seen in all oocytes. By this time, there are no oocytes surrounded by follicular epithelium. A young oocyte, having small yolk, grows large in this stage: a young oocyte is less than 60 μ in diameter.

Males: In this stage, the follicle wall possesses more remarkably star-shaped appearance than that of females. There are mature spermatozoa in lumen of follicle, and active spermatozoa can be obtained from the male gonad in this stage.

(*d*) *Mature stage* (Pl. I, Figes. 4, 9)

Famales : The ovary in this stage is filled with ova, which have one nucleus and chromatin-nucleolus, and gonadal wall is enlarged. It is one of the leading chracteristics that all ova are surrounded by follicular epithelium. The ova in the gonadal tubules are polygonal in shape on microscopic examination of sections, and they are primary oocytes after growth. Large oocytes, constituting the majority of the cells in follicle, measures ca 130 μ in diameter. A few immature ova which are of ca 90 μ diameter are still to be found along the wall of follicle. The ova in earlier stage of oogenesis are practically non-existent.

Males : The spermary containing much quantities of ripe spermatozoa is larger than that of former stage. Spermatogenesis continues in this stage. Such spermary which contain aboundant ripe apermatozoa may be in the mature stage.

(*e*) *Shedding stage*. (Pl. I, Figs. 5, 10)

Females : The animal in this stage indicates a spawning individual. Ripe ova in follicle appear loose for shedding, though they are compactly contained in it in mature stage. In addition, they are rotund in shape and uniform in diameter, 160 × 130 μ , having one nucleus and chromatin-nucleolus. Follicular epithelium cannot be seen clearly unlike the situation in mature stage.

Males : The spermary is expanded by ripe spermatozoa, and gonadal wall becomes very thin. Spermatogenetic activities slow down. In some sections gaps are observed to occur in lumen of the follicle.

(2) Seasonal changes of gonad

Gonad index (Fig. 1) indicates seasonal variations of gonad weight. In Fig. 2 the gonad of the animal is classified into the above five stages according to its maturity, and developing degree of the gonad in the animal population is given by the proportion in each stage-numbers per total in each month. Seasonal changes in gonadal development

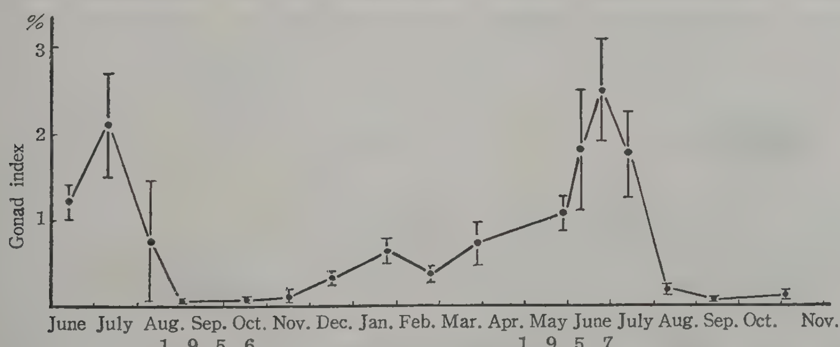


Fig. 1. Seasonal changes of the gonad weight of *Stichopus japonicus*, showing the average percentage in gonad weight per body weight
Vertical lines cover the range of the standard error.

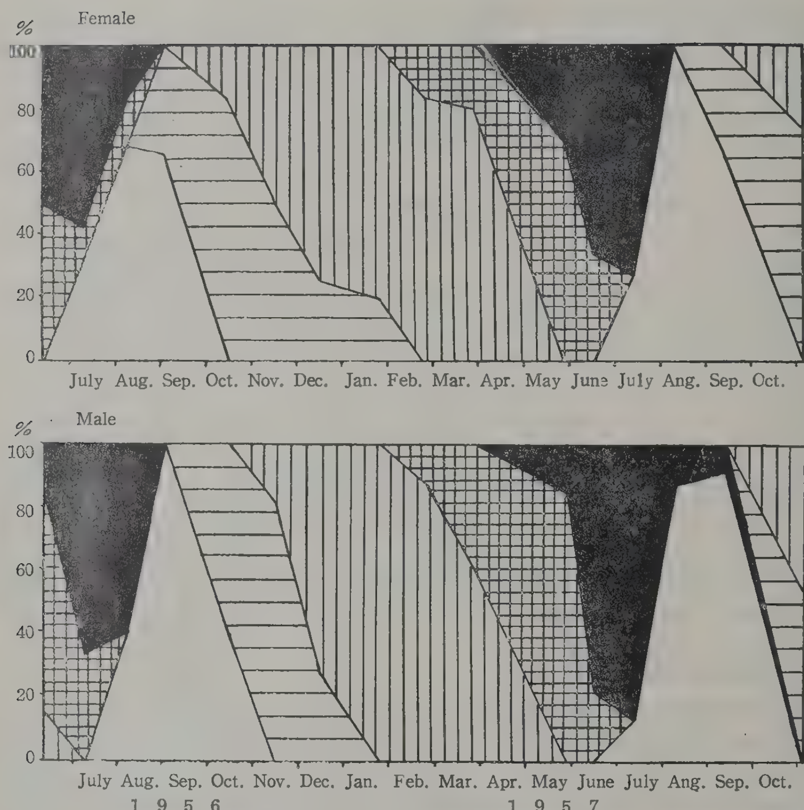
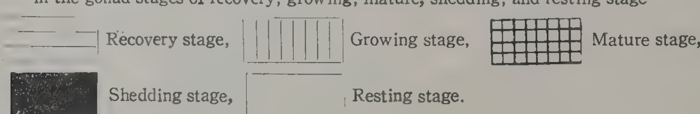


Fig. 2. The breeding cycle of the animal from June 1956 to November 1957 to show the percentage in the gonad stages of recovery, growing, mature, shedding, and resting stage



of *Stichopus japonicus* are precisely described as follows:

June–July: The animals collected in this period possess the largest sex gland to be found throughout the year; the gonad index rises very rapidly showing a peak in this term. Specifically, index value attains to maxima of average 2.1 % on July 10, 1956 and to 2.5 % on June 18, 1957. Afterward it declines down, as the animal passes into the resting stage. On June 18, 1957 one animal group consisted of some animals which had a small gonad of partly spent together with others which had a large gonad attaining

to 8 % of the body weight. The average gonad index showed the above value. The proportion of shedding animals was 70 –80 % of all those collected in this term, whilst the remainder showed either mature or resting stage. As shedding stage was most frequent appearance, this season answers to the spawning season in southern Hokkaido.

August–October: In this term it is not easy to find the gonad by anatomical examination as it is very small in size. Index value is approximately 0.05 %. Microscopical observation of sections reveals that 70–100 % of animals are in resting stage, which is exceedingly dominant.

November: The gonad is slightly recovered and more recognizable than in former period. Gonad index shows 0.2 % in average value (Fig. 1). Oogenetic activities commence in overies, and majority of animals are in the recovery stage.

December–March: Index value increases from 0.3 % to 0.7 % in average (Fig. 1). Simultaneously with the enlargement of the gonad, the observation of sections shows outstanding development of gametes. In the process of the development of the gonad, growing stage appears dominantly in both females and males (Fig. 2). Ten per cent of animals collected in February are in mature stage, thus oogenesis is most active. Some spermaries in this month contain mature spermatozoa, which begin to swim regularly and actively when removed from the spermary and placed in a dish containing sea water.

May: The gonads of animals collected in May enlarge more rapidly than those in former months; index value rises to 1.05 % in average. The inclusion of a number of gametes in a follicle is the most characteristic appearance. In the observation of sections, 85 % of males and 70 % of females belong to mature stage, which is dominant. The remainder are in shedding stage.

Discussion

Kinosita (1936a, b, 1938) reported that the spawning season of *Stichopus japonicus* is from July to August by observation on the materials collected from seven stations on the coast of Hokkaido. In this study is was found that spawning period extends from the middle of June over a period of two months.

The water temprature in the spawning season showed fluctuation between 12° and 22°C in this observation. Tokuhisa (1915) noted it to be from 16° to 20°C in his study of *Stichopus japonicus*. Inaba (1930) reported it to range from 13.5° to 18°C during spawning season of *Caudina chilensis*. Colwin (1948) observed the spawning of *Thyone briareus* when the water temperature of the aquarium varied between 16° and 22°C. Accordingly, the water temperature of the main spawning period of those species may be concluded to be from 15° to 20°C. The water temperature may be presumed to be a preminent factor which causes shedding.

In the ripe ova of *Stichopus japonicus*, Inaba (1937) stated that they are uniformly elliptical in shape, 165.5 × 142.8 μ in dimentions. They were measured similarly by

Kinosita (1938), 165 × 143 μ. In the present study they measure 160 × 135 microns. In mature stage, as already noted, a few immature ova are observed to exist along the inside of the wall of the follicles. Perhaps they seem to remain under resting condition in the follicle after shedding of the ripe ova.

It is observed in lamellibranchial bivalves such as *Ostrea virginica* (Loosanoff, 1942) and *Pinctada martensii* (Tateishi & Adachi, 1957) that may unspent gametes, which are mature, remain in their follicles in spent animas. Uuspawned ova are absorbed, but unspent spermatozoa remain till the next breeding season. As for Holothurians, Ohsima (1925) reported that unspent immature ova degenerate and collapse. In the present study microscopic examination of the sections of unspawned ova of *Stichopus japonicus* substantiated the above mentioned fact announced by Ohshima, but no spermatozoa were found in the spermary in the recovery stage. It seems probable, therefore, that unspent spermatozoa are absorbed. Although it may be unsuitable to compare the animal under question with Mollusca, the fate of unspent spermatozoa shows the difference between Holothurian and bivalves. Coexistence of unspent gametes and sexual cells newly formed in one follicle was not observed in the present study.

As for breeding of limpet (Orton et al., 1956) the process is classified into developing, spawning and resting stages. Development stage is short, and spawning season extends for the most part of the year. The ripe ova remain in the ovaries for a long time until water temperature becomes suitable for spawning. In *Cucumaria japonica* (Kinosita & Sibuya, 1941) the breeding season is a long period from early March to middle November, and the ripe gametes are in the gonad throughout the year. In amongst animals, the process of gonadal development varies between animals. However, it is observed in the present study that the gonadal development in an animal group changes in uniformity in each season, and that some dominant stage occurs present in each season. Comparing the present animal with other animals, it is a characteristic that the recovery and growing stages are long. With the enlargement of the gonad beginning in the later part of May, the gametes develop to sheddable condition following mature stage. It is difficult to obtain fertilizable ova in *Stichopus japouicus* which has the process of development described above, and the artificial fertilization is difficult to be applied. In males, different from females, the ripe spermatozoa occasionally used in artificial fertilization can be easily obtained.

In oyster and clam (Loosanoff, 1937, 1942), the gonad remains quiescent showing little gametogenetic activity when the temperature reaches to the critical hibernation point. Similarly, the gonad of *Stichopus japonicus* examined in September and October is small in size, showing resting stage. After November the gonad begins to develop. According to an ecological observation (Tanaka, 1958), the animal is under estivation during these two months. Therefore, it is suggested that the growth of the gonad

begins with the recovery of feeding in November.

As the sexual cycle is treated in this study using adult *Stichopus japonicus* only, the life cycle in its young stage remains yet unknown as seen from the view point of the reproduction of the animal.

Summary

1. Seanoal changes occurring in the gonad of *Stichopus japonicus* are observed by anatomical and histological methods.

2. The process of development of the gonad of the animal is classified into five stages according to the degree of development.

3. The gonad develops in November to the following June ; the peak of gonad index occurs between June and July.

4. The spawning season of *Stichopus japonicus* in southern Hokkaido extends through two months from the middle of June.

5. In the gonad, fertilizable ova are observed for a short period, while the ripe spermatozoa are present in spermaries from February to the spawning season.

References

Colwin, L. H. (1948). Note on the spawning of Holothuria, *Thyone briareus*. *Biol. Bull.* 95(3), 296-306.

Inaba, D. (1930). Note on the development of a Holothuria, *Caudina chilensis*. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.* 5(2), 215-248.

——— (1937). On the artificial fertilization of *Stichopus japonicus*. *Suisan Kenkyushi* 32, 241-246. (in Japanese).

Kinosita, T. & Sibuya, S. (1936a). Investigation on the spawning season of *Stichopus japonicus*, (I). *Hokkaido Suisan Shikenjyo Junpô* 311, 11-12. (in Japanese).

——— & ——— (1236b). Investigation on the spawning season of *Stichopus Japonicus*, (II). *Ibid*. 312, 4-5. (in Japanese).

——— (1938). A study on the spawning season of *Stichopus japonicus*. *Ibid*. 373, 1-7. (in Japanese).

——— & Shibuya, S. (1941). On the spawning period of *Cucumaria japonica* Semper of Hokkaido. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 10 (4), 166-170. (in Japanese).

Loosanoff, V. L. (1937). Seasonal gonadal changes of adult clam, *Venus Mercenaria*. *Biol. Bull.* 72(3), 406-416.

——— (1942). Seasonal gonadal changes in the adult oyster, *Ostrea virginica*, of Long Island Sound. *Ibid*. 82(2), 195-206.

Murachi, S. (1950). Ecological studies of *Stichopus japonicus* in Mangoku-Ura Inlet. Unprinted, read the manuscript at the annual meeting of the Society of Scientific Fisheries

Ohshima, H. (1925). On the development and fertlization in eggs of Holothuria. *Terkultura Kjusu Imperla Universitato* 1(2), 79-100. (in Japanese).

Orton, J. H., Southward, A. J. & Dodd, J. M. (1956). Studies on the biology of limpet. II. The

breeding of *Patella vulgata* L. in Britain. *Jour. Mar. Biol. Ass. U. K.* 35(1), 149–174.

Tateishi, S. & Adachi, I. (1957). Histological observation of gonad of the Pearl-oyster *Pinctada martensii. Bull. Fac. Fish., Nagasaki Univ.* 5, 75–79. (in Japanese).

Tanaka, Y. (1958). Feeding and digestive processes of *Stichopus japonicus. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 9(1), 14–28.

Tokuhisa, S. (1915). On *Stichopus japonicus* in Nanao Bay. *Suisan Kenkyushi* 10(2), 33–37. (in Japanese).

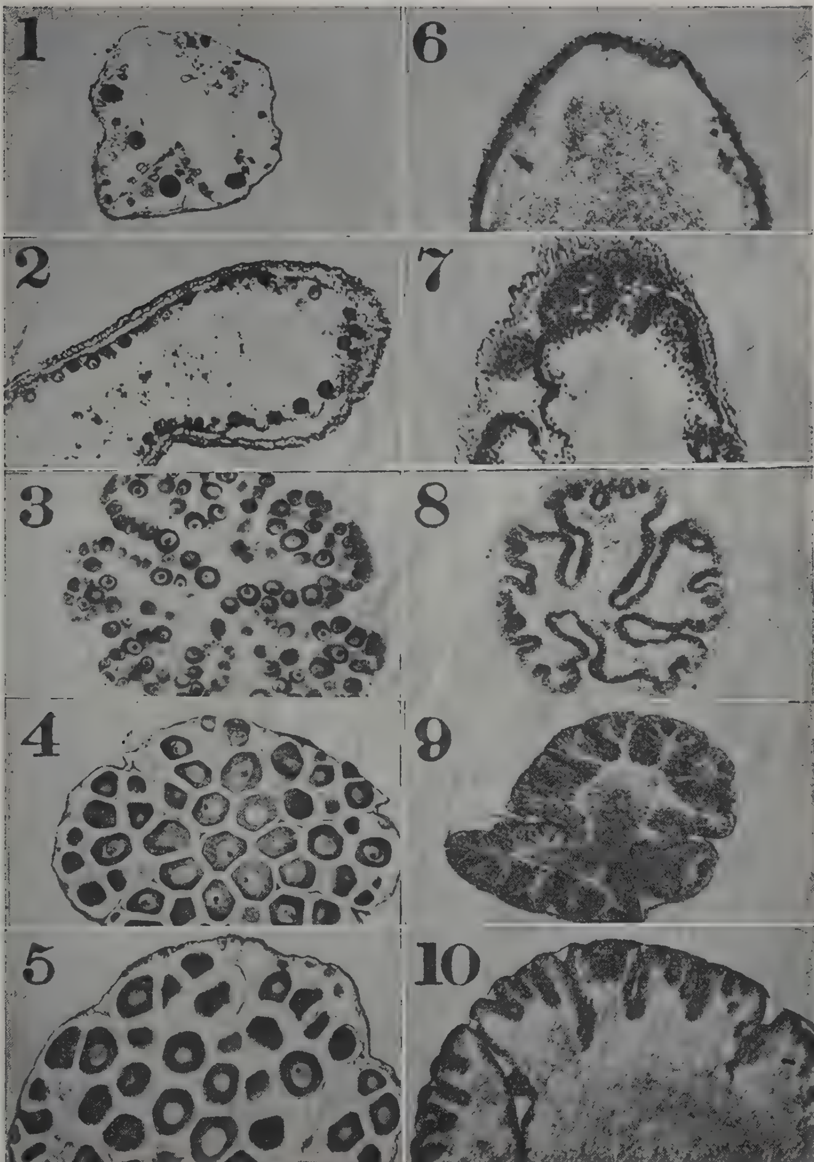
Appendix　Seasonal changes of maturity of *Stichopus japonicus*

Date		Resting stage		Recovery stage		Growing stage		Mature stage		Shedding stage	
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1956	6–11					2	1	9	4	2	5
	7–8		2					2	1	4	4
	8–11	3	4						2	4	4
	9–1	3	2		1						
	10–15	6		4	5		1				
	11–15			6	8	2	4				
	12–14			2	3	5	9				
1957	1–25				1	10	4				
	2–25				2	7	8	1	2		
	3–27					8	4	5	1		
	5–25					2		9	4	2	2
	6–7,18							2	2	7	4
	7–5	1	3							7	8
	8–10	13	4							2	
	9–11	9	2	1	1						
	11–5	5	6	4	2						

Number of individuals examined is indicated in the table.

PLATE I. Microphotographs showing the stages in development and depletion of the gonad of *Stichopus japonicus*

Fig. 1. Female gonad; Resting stage. ×ca 54
Fig. 2. Female gonad; Recovery stage. ×ca 90
Fig. 3. Female gonad; Growing stage. ×ca 72
Fig. 4. Female gonad; Mature stage. ×ca 54
Fig. 5. Female gonad; Shedding stage. ×ca 54
Fig. 6. Male gonad; Resting stage. ×ca 80
Fig. 7. Male gonad; Recovery stage. ×ca 72
Fig. 8. Male gonad; Growing stage. ×ca 72
Fig. 9. Male gonad; Mature stage. ×ca 54
Fig. 10. Male gonad; Shedding stage. ×ca 54



Y. TANAKA: Gonad of *Stichopus japonicus*

舵に作用する外力について

稲　葉　恭　人

（北海道大学水産学部船舶運用学教室）

On the Forces Acting on the Rudder

Yasuhito INABA

Abstract

From the investigation of marine accidents caused by some troubles in the steering gear, it was ascertained that the greater part of them were caused by breaking of the steering chain and rudderhead due to the forces acting on the rudder. Hence, in order to examine the strength of the steering gear and further to contribute to experimental studies on the above forces, the writer, by computation, deduced formulas (3)-(17) and drew their graphs Fig. 1.-Fig. 5. in relation to wave forces in various sea conditions. Some consideration about them has been presented.

舵及び操舵装置等の故障が，直接又は間接の原因となつた海難を分析し，その原因と考えられる外力について，若干の考察を試みたのでその結果を報告する。

海難の分析

(1) 昭和24年より30年までの海難審判庁裁決録[1]中より，上記原因による海難を集めると，乗揚事件42，衝突事件12、遭難事件10，沈没事件7，転覆事件1となり，計72件が数えられる。即ち乗揚事件が過半数（58%）を占めて居て，接岸航海とか，礁海航海中の操舵不能が，このような結果をもたらして居るのであるが，故障復旧の時間的距離的余裕のある，広い海面において，起つたであろうと推察される舵故障の数はこれに数倍するものと考えられる。

(2) (1)を原因別に分けてみると，

1. 操舵鎖の切断によるもの	33件	5. 流木との接触によるもの	1件
2. 舵軸材の折損によるもの	12件	6. 鉄枷がはさまり回転不能のもの	1件
3. 止金，ピン等の脱落によるもの	11件	7. 麻索のてん絡によるもの	1件
4. 操舵鎖のてん絡によるもの	9件	8. 其の他原因不明のもの	4件

操舵鎖の切断によるものが一番多く46%を占め，次の舵軸材の折損によるもの12件を加えて63%が，材質の不良，疲労等も考えられるが，明らかに舵に加わる外力によるものと考えられる。

(3) (2)の1．2．項即ち外力に起因するものについて，海難数と舵の使用状態との相関を調べる。転舵中の件数と，舵中央のまま航進中に起つた件数との比をとつてみると2：1となる。これは転舵による舵圧が，外力に加算されることから当然の結果である。

(4) 次に(3)と同様外力に起因すると考えられるものについて，船速，針路，風浪等当時の状況の明記されているもの36件を集めて船体と風浪やうねり等との相対方向を求めてみる。船体の周囲を4等分し，船首方向に左右両舷45°づつ合せて90°，同じく船尾方向に90°，左右正横方向に90°づつと区分する。風浪やうねり等の相対方向をこれらに分類すると，船首方向19件54%，船尾方向11件30%，左右両舷が合せて6件16%となる。船首尾方向の場合に海難が多くて，両舷方向即ち横波の場合に割合少いことが注目される。定量的な比較は疑問であるが，これは船体の動揺[2]を考えると Rolling よりも Pitching の場合に舵の海難が多いことになる。船首方向が船尾方向の2倍近くあつて多い。この傾向は正横方向の6件を正横線で分けてみても，前方に4件，後方に2件となつてあらわれている。これは船の前進速度により，波浪等の圧力が相対的

に強いためと推定される。

外力について

（Ｉ） **転舵による圧力** 舵に加わる圧力の内，通常考えられるものはこの転舵による圧力であるが，広く研究されて種々の理論式や実験式も導かれているので省略する[6)]。

（Ⅱ） **波浪の圧力** 波浪の形状をトロコイド曲線と考え，波頂の位置を基点0として，水面に鉛直下方にＹ軸をとると次式を導くことが出来る。

$$V_D = \frac{h}{2}\exp\left\{-\frac{2\pi}{L}\left(y-\frac{h}{2}-\frac{\pi h^2}{4L}\right)\right\}\sqrt{\frac{2\pi g}{L}} \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに，V_D：深海波任意の水深における水分子回転の速度

h ：波高

L ：波長

g ：重力加速度

これは，水深が波長の約半分以下のところ即ち浅海部になると次式の如くなる。

$$V_S = \frac{h}{2}\operatorname{cosech}\left(\frac{2\pi D}{L}\right)\cdot\sqrt{\frac{\pi g}{L}\sinh\frac{4\pi}{L}\left\{D-\left(y-\frac{h}{2}-\frac{\pi h^2}{4L}\cdot\frac{\exp\frac{4\pi D}{L}+1}{\exp\frac{4\pi D}{L}-1}\right)\right\}} \quad \cdots\cdots (2)$$

ここに，V_S：浅海波任意の水深における水分子回転の速度

D：浅海部の水深

(1) 及び(2)式における水分子の運動により舵面に生ずる圧力は、単位面積当り深海波では $\frac{\rho}{2}CV_D^2$，浅海波では $\frac{\rho}{2}CV_S^2$ となる[3)]。ρは海水の密度であり、Ｃは抵抗係数で舵においては大略1.10〜1.20程度の値である。勿論、波の圧力は船体の他の部分にも働くため船体自身の移動があつて、舵面に生ずる圧力の相対的な減少も考えられるが、実際の海上の不整一な不規則波中においては、特に小型軽量の場合を除き、船体の移動は無視し得るものと、本考察においては仮定する。舵面の有効幅をＢとし、有効高さをＨとすれば、深海波により舵面全体のうける最大圧力P_{Dmax}は、波頂より舵面上縁までの深さｄの函数として、次式より求められる。

$$P_{Dmax} = \int_d^{d+H}\frac{\rho}{2}CBV_D^2dy = \frac{\rho g}{16}CBh^2\left(1-\exp\frac{-4\pi H}{L}\right)\exp\left\{\frac{4\pi}{L}\left(\frac{\pi h^2}{4L}+\frac{h}{2}-d\right)\right\} \quad \cdots\cdots (3)$$

(3) 式を図示すればFig. 1の如くなる。又(3)式よりｄ及びｈについて次の２式を得る。

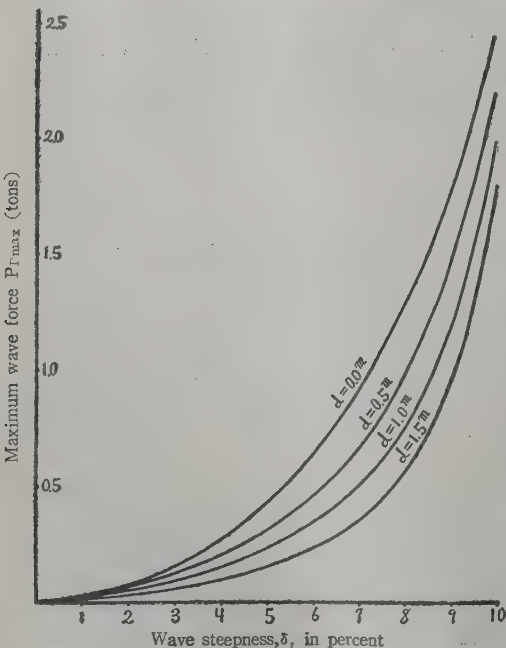


Fig. 1. Effect of wave steepness δ on the maximum wave force in deep water $P_{D\,max}$ (B=1m, H=1m, L=20m)

$$\Delta P_{Dmax}=\frac{-\rho g}{4L}\pi CBh^2\left(1-\exp\frac{-4\pi H}{L}\right)\exp\left\{\frac{4\pi}{L}\left(\frac{\pi h^2}{4L}+\frac{h}{2}-d\right)\right\}\Delta d \quad \cdots\cdots (4)$$

$$\Delta P_{Dmax}=\frac{\rho g}{16}CBh^2\left(1-\exp\frac{-4\pi H}{L}\right)\left(\frac{2\pi^2 h}{L^2}+\frac{2\pi}{L}+\frac{2}{h}\right)\exp\left\{\frac{4\pi}{L}\left(\frac{\pi h^2}{4L}+\frac{h}{2}-d\right)\right\}\Delta h \quad \cdots\cdots (5)$$

Fig. 1 及び (4),(5) 式より，舵の水深d及び波高h（換言すれば波の steepness δ）の変化に対するP_{Dmax}の変化が判る。即ちdが増加すれば P_{Dmax} は減少し，その減少量はhの大なるほど大きい。又同じd及びLに対しては，圧力は steepness の増加につれて急激に増大する。舵の幅に対しては P_{Dmax} は一次の比例関係である。(3) 式より又次式を得る。

$$\Delta P_{Dmax}=\frac{\rho g}{4L}\pi CBh^2\exp\frac{-4\pi H}{L}\exp\left\{\frac{4\pi}{L}\left(\frac{\pi h^2}{4L}+\frac{h}{2}-d\right)\right\}\Delta H \quad \cdots\cdots (6)$$

これは舵の有効高さの変化に対するP_{Dmax}の変化を示すもので，図示すればFig. 2 の如くなる。Hの小さい間は波の圧力は急激に変化するが，大きくなれば一定の値 $\left[\frac{\rho g}{16}CBh^2\exp\left\{\frac{4\pi}{L}\left(\frac{\pi h^2}{4L}+\frac{h}{2}-d\right)\right\}\right]$に漸近する。浅海波による舵面の最大圧力を$P_{Smax}$ とすれば，深海波の場合と同様にして，次式が得られる。

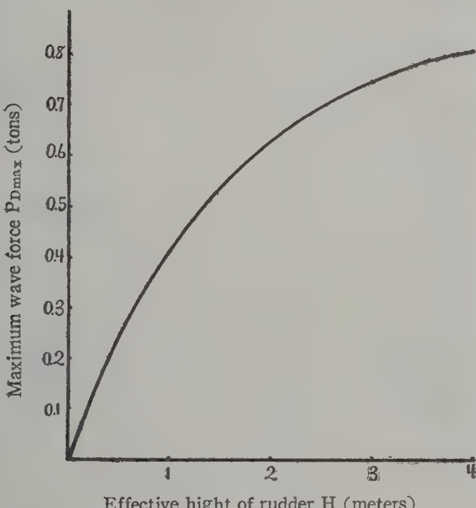


Fig. 2. Relation between the effective hight of rudder H and the maximum wave force in deep water $P_{D\,max}$ (h=1m, d=0m, L=20m, B=1m)

$$P_{Smax}=\int_d^{d+H}\frac{\rho}{2}CBV_S^2\,dy=\frac{\rho g}{16}CBh^2\operatorname{cosech}^2\frac{2\pi D}{L}$$

$$\sinh\frac{2\pi H}{L}\sinh\left\{\frac{2\pi}{L}\left(2D-2d-H+h+\frac{\pi h^2}{2L}\cdot\frac{\exp\frac{4\pi D}{L}+1}{\exp\frac{4\pi D}{L}-1}\right)\right\} \quad \cdots\cdots (7)$$

これを図示すればFig. 3 の如くなる。D, d, hの変化に対しては次の3式が導かれる。

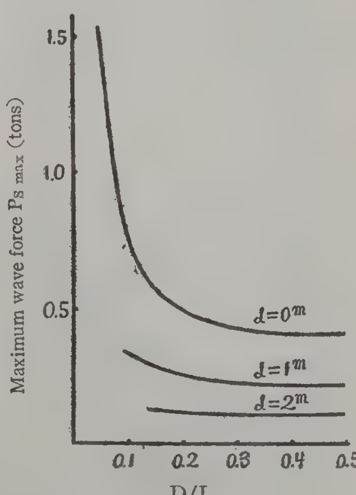


Fig. 3. Maximum wave force in shallow water $P_{S\,max}$ against ratio depth to wave length D/L (B=1m, H=1m, h=1m, L=20m)

$$\Delta P_{Smax}=\frac{\rho g}{8L}\pi CBh^2\sinh\frac{2\pi H}{L}\operatorname{cosech}^2\frac{2\pi D}{L}\Big[\frac{2\pi}{L}\cosh\Big\{\frac{2\pi}{L}\Big(2D-2d-H+h+\frac{\pi h^2}{2L}\cdot\frac{\exp\frac{4\pi D}{L}+1}{\exp\frac{4\pi D}{L}-1}\Big)\Big\}$$

$$\Big\{2-\frac{\frac{4\pi^2h^2}{L^2}\exp\frac{4\pi D}{L}}{(\exp\frac{4\pi D}{L}-1)^2}\Big\}-2\coth\frac{2\pi D}{L}\sinh\Big\{\frac{2\pi}{L}\Big(2D-2d-H+h+\frac{\pi h^2}{2L}\cdot\frac{\exp\frac{4\pi D}{L}+1}{\exp\frac{4\pi D}{L}-1}\Big)\Big\}\Big]\Delta D \quad (8)$$

$$\Delta P_{Smax}=\frac{-\rho g}{4L}\pi CBh^2\sinh\frac{2\pi H}{L}\operatorname{cosech}^2\frac{2\pi D}{L}\cosh\Big\{\frac{2\pi}{L}\Big(2D-2d-H+h+\frac{\pi h^2}{2L}\cdot\frac{\exp\frac{4\pi D}{L}+1}{\exp\frac{4\pi D}{L}-1}\Big)\Big\}\Delta d \quad (9)$$

$$\Delta P_{Smax}=\frac{\rho g}{16}CBh\sinh\frac{2\pi H}{L}\operatorname{cosech}^2\frac{2\pi D}{L}\Big[2\sinh\Big\{\frac{2\pi}{L}\Big(2D-2d-H+h+\frac{\pi h^2}{2L}\cdot\frac{\exp\frac{4\pi D}{L}+1}{\exp\frac{4\pi D}{L}-1}\Big)\Big\}+\frac{\pi h}{L}$$

$$\Big(2+h\cdot\frac{\exp\frac{4\pi D}{L}+1}{\exp\frac{4\pi D}{L}-1}\Big)\cosh\Big\{\frac{2\pi}{L}\Big(2D-2d-H+h+\frac{\pi h^2}{2L}\cdot\frac{\exp\frac{4\pi D}{L}+1}{\exp\frac{4\pi D}{L}-1}\Big)\Big\}\Big]\Delta h \cdots\cdots\cdots\cdots (10)$$

D/L が 0.5 附近では，深海波の値に近くなりDに対して殆んど変化しないが，Dの減少につれて ΔP_{Smax} は急増する。

(III) 砕波による圧力　波高が波長に比べて増大し，表面の水分子の速度が波の速度より大きくなると，砕波を生ずるに至る。砕波の圧力は，舵に加わる外力の内，最も強大な衝撃力で，小樽港において35ton/m² が記録されたことがある[4]。永井[5] の式より舵に適用出来るように導いてみる。深海波による最大圧力を P_{dmax} とすれば，波頂の水分子が静水面に落下する速度と，水面における水分子が回転する速度とを合成することにより次式を得る。

$$P_{dmax}=2B'H'\rho gh\Big(1.5+\frac{\pi h}{2L}\Big)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(11)$$

ここに，B′：舵の露出部の有効幅

H′：舵の露出部の有効高さ

これを波高について図示すればFig. 4の如くなる。波長及び波高による変化率は次式で求められる。

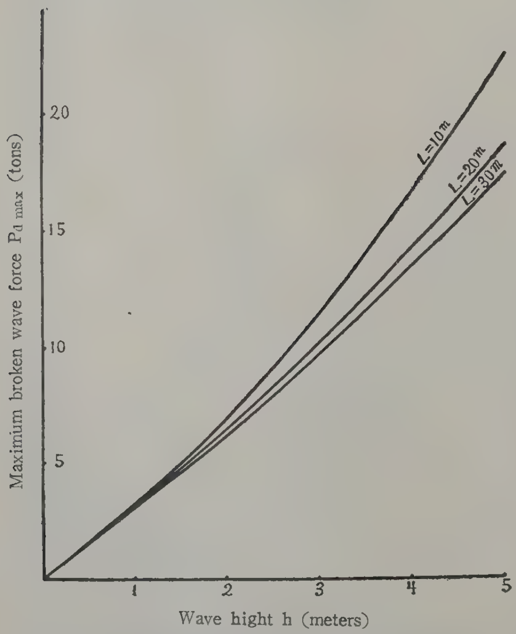


Fig. 4. Effect of wave hight h on the maximum broken wave force in deep water $P_{d\,max}$ (B′=1m, H′=1m)

$$\varDelta P_{dmax}=\frac{-B'H'\pi\rho g}{L^2}h^2\varDelta L \qquad (12)$$

$$\varDelta P_{dmax}=2B'H'\rho g\left(1.5+\frac{\pi h}{L}\right)\varDelta h \qquad (13)$$

即ち波長よりも波高に対して大きく変化する。hの大なる程，又Lの小なる程hの変化に対する $\varDelta P_{dmax}$ は大きく，hが等しければLの大なる程 P_{dmax} は小さい。浅海波の場合は，静水面と波高中分線との差及び水分子の回転速度が前記各式と異つてくるので次式の如くなる。

$$P_{smax}=2B'H'\rho gh\left(1.5+\frac{\pi h}{2L}\coth\frac{2\pi D}{L}\right) \qquad (14)$$

ここに，P_{smax}：浅海部における砕波による圧力

$$\varDelta P_{smax}=2B'H'\rho g\left(1.5+\frac{\pi h}{L}\coth\frac{2\pi D}{L}\right)\varDelta h \qquad (15)$$

$$\varDelta P_{smax}=\frac{-\pi B'H'\rho g}{L^2}h^2\left(\coth\frac{2\pi D}{L}-\frac{2\pi D}{L}\mathrm{cosech}^2\frac{2\pi D}{L}\right)\varDelta L \qquad (16)$$

$$\varDelta P_{smax}=\frac{-2\pi^2B'H'\rho g}{L^2}h^2\mathrm{cosech}^2\frac{2\pi D}{L}\varDelta D \qquad (17)$$

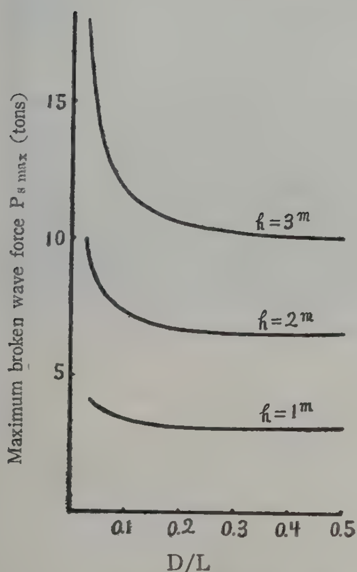


Fig. 5. Maximum broken wave force in shallow water $P_{s\,max}$ against ratio depth to wave length D/L (B′=1m, H′=1m, L=20m)

(14)式をD/Lについて図示すればFig. 5の如くなる。(17)式より，Lを等しくすればDの減少につれて $\varDelta P_{smax}$ は急激に増大する。D/Lが½を越えて大きくなつて行けば，$\coth\frac{2\pi D}{L}$ は1に，又 $\mathrm{cosech}^2\frac{2\pi D}{L}$ は0に夫々漸近して結局深海波の場合に移行して行く訳である。砕波の舵面に作用するのは，舵が水面上に露出した場合であるが，これら各式は何れも静水面の高さにおける値であり，それより上方ではこの各式の圧力より小さくなり，下方（波の谷間）では落下の終速度の増加により大きくなる。舵面露出の可能性も波の谷間において多い訳であるから，式の適用には若干の余裕を考えなければならない。

検　　討

(II)，(III)に導いた各式は，何れも舵面に水分子が垂直にあたる場合であつて最大値である。垂直面内において水分子軌道と舵面とのなす角をα，水平面内において舵面と相対波向のなす角をβとすれば，直圧力は夫々 $P_{Dmax}\sin^2\alpha\sin^2\beta$，$P_{Smax}\sin^2\alpha\sin^2\beta$，$P_{dmax}\sin^2\alpha\sin^2\beta$，$P_{smax}\sin^2\alpha\sin^2\beta$ となる。α．βは船体動揺，変針，転舵等により変化するがsinの2乗できいてくるので一方が $\pi/4$ になれば約½（$\fallingdotseq\sin^2\frac{\pi}{4}$）となり，α，β共に $\pi/4$ まで下れば，直圧力は最大値の約¼となる。(I)，(II)，(III)の外力の他に，船首底部のslamming に相当するもので，船体動揺による舵と水分子との相対運動による圧力があるが，その主たる方向が舵軸の方向となるから，舵面そのものへの圧力は小さく locking pintle さえ強力であれば，海難への影響は少ないと考えられる。上記各圧力が単独で，又は同時に合成されて舵面に作用するが，舵軸の許容振力率（$\pi S^3\sigma/16$）（S：径，σ：材質の許容応力）より相当捩力率[7]（$M+\sqrt{M^2+T^2}$）（M：軸の振力率，T：軸の撓力率）が大きくなれば舵軸折損の危険があり，操舵

鎖に加わる張力（伝達機構により異るMの函数）がその引張許容応力より大きくなると切断の危険が生ずることになる。舵軸，操舵鎖共に，方向及び大きさの種々に変化する荷重が作用するため，材質の静的極限強さよりもずつと低い応力で疲労破壊を起すこともあり，(II)，(III)の圧力は衝撃的でもあるので相当の安全率を考えなければならない。船舶設備規程には，動力による操舵装置にのみ，緩衝装置を強制して居るが，人力操舵装置においても操舵鎖保護のために有効な方法である。(I)の圧力は，転舵に若干の時間を要するのでその変化が連続的であることと，Jössel の実験式[8]にも示される如く，圧力中心の移動による扠力率の減少もあるので，急激粗暴なる転舵等を避ければ舵故障の原因とならず，ただ(II)，(III)等の外力に附加されるときに，海難の分析の(3)項の如く，その発生率を増すものと考えられる。舵の aspect ratio は小さい程，他の条件を同じにすれば，(I)，(II)共に直圧力は小さくなるが舵効も減少することになる。

(II)，(III) において浅海波の方が深海波より圧力が大きく，又応急処置の距離的，時間的余裕の少いことにもなるので，過度の接岸航海は避けなければならない。特に (III) の圧力は前2者に比べて著しく大きいから，勿論船体運動と波浪との相対的な位相差も考えられるが，操船者としては舵の露出を何よりも警戒し，船速又は針路の変更により出会周期を変えるとか，吃水を深くするとかの対策を考えなければならない。海難の分析において，Rolling 中より Pitching 中に操舵鎖の切断，舵軸の折損等が多い理由もここにあると推定出来る。

終りに種々御指導を賜わつた八反田教授並に川島助教授に厚く感謝する次第である。

文　　献

1) 高等海難審判庁 (1949～55). 海難審判庁裁決録昭和24年1月分～30年12月分
2) 川島利兵衛 (1957). 荒天航法の解析的研究. 第2報 船と波の出会周期及び出会角度について. 日本航海学会誌 (16), 73—142.
3) 植松時雄 (1953). 水力学. 230P. 東京；産業図書.
4) 鈴木雅次 (1932). 港工学. 730P. 東京；常磐書房.
5) 永井荘七郎 (1956). 港湾工学. 252P. 東京；オーム社.
6) 7) 8) 立川春重 (1955). 艤装. 373P. 神戸；海文堂.

MODEL EXPERIMENT ON THE TIDAL AND OCEAN CURRENTS THROUGH THE STRAIT OF TSUGARU

Seiti YAMAGUTI
Faculty of Fisheries, Hokkaido University

Introduction

The current through the Strait of Tsugaru may be affected by the tidal phases on both the Japan Sea side and Pacific Ocean side, and also by the steady current called "Tsusima Danryu", which enters into the Strait. The calculation about the current, which results from the above two effects, is by no means easy, so the writer decided to make the model experiment to solve the problem.



Fig. 1. Experimental tank
300×360×60 in centimetres

The size of the experimental tank is 300 × 360 × 60 in centimetres, as shown in Fig. 1, and the diminished ratios of the figure of the Strait are 5.0 × 10^{-4} and 1.25 × 10^{-5} in vertical and horizontal scale respectively.

It was assumed that the tidal and ocean current may be represented by the equations

$$\frac{\partial}{\partial t}(u,v) = -g\left(\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial y}\right)\zeta$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

$$(w)_{z=0}=-\frac{\partial \zeta}{\partial t} \quad ; \text{ at the surface,}$$

$$\left(u\frac{\partial z}{\partial x}+v\frac{\partial z}{\partial y}-w\right)_{z=Z}=0 \quad ; \text{ at the bottom,}$$

neglecting the viscosity, the friction, the density anomaly et cetera.

If the coefficients of scale for (u, v), w, (x, y), z, ζ, t, are denoted by V, W, L, H, Z, T respectively, then the conditions for dynamical similarity may be as follows:

$V/T=Z/L$, $W/V=H/L$, $W=Z/T$ or $Z=H$, $T=L/\sqrt{H}$, $V=\sqrt{H}$, and $W=\sqrt{H^3}/L$. Here, $L=1.25\times10^{-5}$, $H=5.0\times10^{-4}$ then, $Z=5.0\times10^{-4}$, $T=5.58\times10^{-4}$, $V=2.24\times10^{-2}$. Thus, the current velocity, 1 knot may correspond to 1.15 cm/sec.

A comparable experiment in the case of Sagami Bay was already made by Prof.

Mitsuyo Okada and his assistant, Mr. Kiyoakira Miyoshi, and reported in the preliminary reports of the Training School of Fisheries in Tokyo, Vol. 29, 1933–1934.

Apparatus for Experiment

The tank, the size of which is already noted, was made of wooden boards with the thickness of about 4 cm, and the inner wall was covered with iron plate to make it water-tight. The size of the Strait in the tank was determined so as to include Mutsu Bay and Funka Bay and also a large area of the Pacific Ocean to make the boundary effect on the Pacific Ocean side small. That is, the total area of the tank was made to represent the large area between 139°40′–143° East Longitude and 40°50′–42°50′ North Latitude.

Surface configuration was transcripted from the chart in the ratio 1/80000, and the depth in each part in the Strait was measured from the surface by hanging a string of length in the ratio 1/2000 to the actual length. The whole configurations of land, islands, and the bed of the Strait were concreted with sand and cement.

Using a water pump of 1/2 horse power, the water from Pacific Ocean side being pumped up, and poured into the Japan Sea side, the necessary level change between the two sides, about 1 millimetre was secured in order to obtain a current in the model Strait.

Method of Experiment

Using a bulb, the pumping water mass was controlled to make various current velocities. In this case, rather fast current, slow current and the inverse current were obtained, the last of which appeared at the instant of stopping the pump.

Various directions were given to the currents which enter into the Strait from the mouth of Japan Sea side, applying the law of reflection by pouring water from the pump into the tank on Japan Sea side, by a wall of wooden boards rotated about the vertical axis.

To photograph the figures of stream lines in the Strait, abundant bits of tin foil, were scattered, the size of each of which was about 1 centimetre on each side, on the area near the mouth of the Strait on Japan Sea side. Lighting the whole area of the tank by many electric lamps, photographs were taken of the moving states of the tin foil bits from the ceiling about 4 metres height.

Seeing the arranged figures of tin foils during a short period of 2 seconds or 6 seconds, one may be able to determine the features of stream lines in the current through the Strait. Thus representative 6 photographs were obtained as follows :

(a) Exposure = 6 sec, rather fast inverse current
(b) Exposure = 6 sec, rather fast current
(c) Exposure = 6 sec, slow current

(d) Exposure = 2 sec, rather fast current

(e) Exposure = 6 sec, rather fast current

(f) Exposure = 2 sec, rather fast inverse current.

These photographs are shown in Fig. 2.



Fig. 2, (a). Exposure = 6 sec, rather fast inverse current.

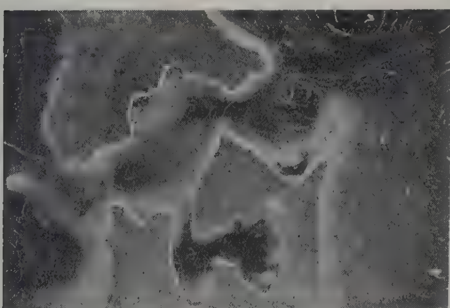


Fig. 2, (b). Exposure = 6 sec, rather fast current.

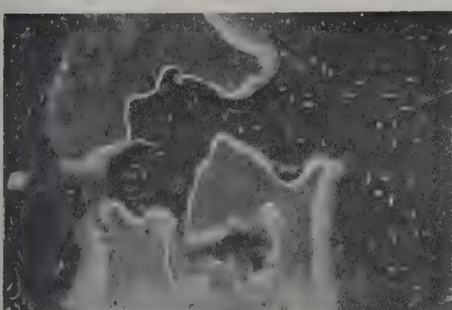


Fig. 2, (c). Exposure = 6 sec, slow current.

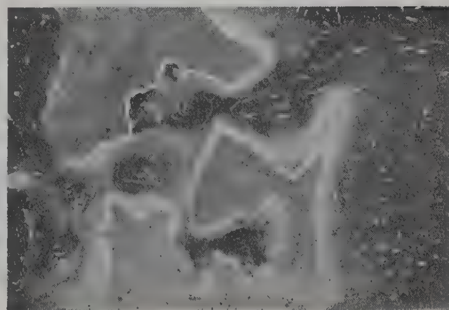


Fig. 2, (d). Exposure = 2 sec, rather fast current.

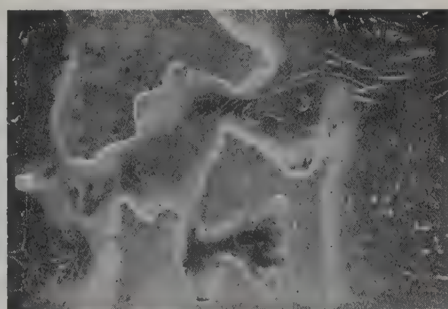


Fig. 2, (e). Exposure = 6 sec, rather fast current.



Fig. 2, (f). Exposure = 2 sec, rather fast inverse current.

Results and Discussion

Investigations on the current through the Strait of Tsugaru, using drift bottles, have already been made a great many times by the Authorities of the Marine Observatory in Hakodate and of the Head Quarters of the First Division of Maritime Safety Board. The results are reported as follows:

(a) Bottles are picked up at various points along the coast of the Strait.

(b) Among many bottles, some of them took the time of 200 hours to run through the Strait from the Japan Sea side to Pacific Ocean side.

(c) There were some bottles which drifted to the direction of Funka Bay.

(d) Those bottles, which drifted on the main current directly towards the Pacific Ocean side within a necessary and sufficient time, about 30 hours, were rare.

(e) Most of the bottles, which flowed out of the Strait to the Pacific Ocean side, drifted towards the south along the Pacific coast.

(f) Existence of some circulations of the currents was suspected, but the areas and their positions were not so clear.

By the model experiment, executed at this time, the following important matters could be ascertained:

(a) There exist clock-wise circulations in the regions both to the west and east of the Ôma promontory, on the side of Aomori Province, and also a counter clock-wise one on the side of Hokkaido, all on a large scale or in wide areas.

(b) Tin foil bits, which rode on the main current through the middle part of the Strait and flowed directly towards the Pacific Ocean side were only 20 or 30 per cent of the total tin foil thrown into the mouth of the Strait on the Japan Sea side.

(c) The reason why a drift bottle took 200 hours to pass through the Strait may become clear. Some bottles may become involved in the circular motion of the current and may remain in the Strait for so long a time as about 200 hours.

(d) Some tin foil pieces were seen which flowed to the direction of Funka Bay.

(e) The modes of the circulation of the currents do not change with variations in the direction of the current entering into the mouth of the Strait on the Japan Sea side. The modes of circulation currents may be settled by the configurations of the sea-bed, the bays and the land wall on both sides of the Strait.

It is hoped, from these boundary conditions, that such circulation currents on a large scale, as mentioned above, may be deduced by some theoretical oceanographer in the near future, and also that these resultant determinations may be utilized in the

fields of fisheries and navigation.

After all, in this model experiment, it may be said that the law of similarity might have held in some measure, but the *Coriolis* force and the Oyasiwo current, as a matter of course, could not be realized.

In conclusion, the writer wishes to express hearty thanks to Mr. K. Kato, in his laboratory, who has rendered valuable assistance through the course of the experiment.

コーナーリフレクターの監視を妨げる海面反射の範囲測定について

齋 藤 昭 二・藤 井 武 治
(北海道大学水産学部練習船おしょろ丸)

On Measured Appearing Distances of the Sea Clutter Echces that interfere with Radar Watching by Means of Corner Reflectors

Shoji SAITO and Takeji FUJII

Abstract

In every cruise of the "Oshoro Maru", the training ship of Hokkaido University, to nothern regions, (to the Aleutian Waters & the Bering Sea), many geographical conditions make visual observations difficult, so it has become the usual practice to mount a corner reflector on drift nets for the salmon-fishing and to guard against fishing gears being washed away by means of radar watching of then.

On occasion, in the appearing areas of the sea clutter echoes which will be painted on the P.P.I.-scope, the distinctive echo image from the reflector is not expectable even when the sea return echoes are suppressed because the reflector fluctuates with swells and is inclined by wind pressure. On radar watching by means of the reflector, the distance at which sea clutter appears is divided into two parts according to the relative intensity of the interference echoes, thus one is possible with some care to discriminate and the other without great difficulty. The boundary line between the above parts is called "Limit Line" for the present.

In this experiment, a Kelvin & Hughes Marine Radar Type 2 was used, and only the "4M" range was selected. Thus, photographs were taken of "Limit Lines" and they were measured.

As for results, the distance from the centre of the screen to "Limit Line" increases regularly with wind velocity as indicated in Fig. 4 & Table 2. The reflector will be detected with ease without operating the clutter circuits, if it is kept at a distance far from these "Limit Lines".

The measured values of distances to the "Limit Line" are as follows.

Wind force	Limit Line
2	1.0 mile
3	1.4 〃
4	1.8 〃

I 緒　　言

おしょろ丸では，北洋で毎年鮭鱒流網漁業を行う際，視界不良の場合が多いので，コーナーリフレクターを取付け，レーダーにて監視し，漁具の流失等を防止してゐる。その際波浪による海面反射の映像が，リフレクターの映像に妨害を与えるので，その判別には，海面反射の生ずる範囲内よりも，ある距離だけ離れたその範囲外で監視した方が容易である。それで，各風速によつて，PPI上に現れる海面反射の映像の生ずる範囲が，どれ程の距離迄及ぶか測定してみた。

II 測定方法及び使用計器類

流網投網後は常にFig. 1のような関係位置にて右舷又は左舷より風を受け，リフレクターの風下側に漂泊しながら，レーダーにて監視する。その際PPI上に現れる海面反射の映像をFig. 2のように写真撮影し，これについて測定した。レーダーはKelvin & Hughes Marine Radar Type 2を使用した。その時の性能をTable 1に示す。受像の際は常に一定条件に調整した。即ち，諸電圧及び輝度調整は一定， Anti-clutter (S•T•C)

Table 1. Specifications of Kelvin & Hughes Marine Radar Type 2

Peak power		10 KW
Receiver gain		-97.1 dbm
Wavelength		3 cm (approx.)
Pulse recurrence		2000 c.p.s.
Pulse width		0.2 μsec.
Beamwidth	Horizontal	1°.3
	Vertical	27°
Range discrimination		40 yards
Bearing discrimination		1°.3
Scanner	revolution	30 r.p.m.
	height	14m
	opening area	0.16 m^2 (approx.)

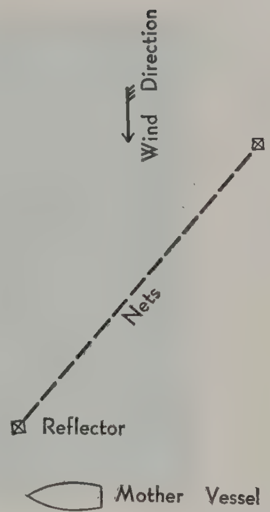


Fig. 1. Relation between the mother vessel and her nets by the wind direction's effect

回路は動作させず，gain は最大にあげ，使用 range は4浬とした。又この写真撮影及び現像も一定条件で行い，すべて PPI 画面全体を，カビネ版一杯（直径11.3mm にする）に引伸し，これを測定した。

風向はプロペラ型発電式風向風速計を，風速はロビンソン風速計を使用して測定し，船のリフレクターからの圧流方向及び流程から真風速を算出した。

リフレクターは，高さを余り高くすることが出来ないから，小型船程度以上の cross section をもたせることは不必要なので，一辺の長さ 39cm (cross section 1000ft²)，デュラルミン製のソリッド型の octahedral 形で，海面上の高さ3.5mのものを使用した[1]。

III　海面反射の範囲

海面反射の映像の生ずる範囲内にあるリフレクターの映像を探知する場合，普通は clutter を働かせて，その波浪からの反射波を抑制し，識別し易くするが，北洋では，リフレクターは，風圧によつて傾斜させられた上に，ウネリが大きい為め上下するので，その映像は明滅し， clutter を利用しても，その判別に苦しむことが多い。それで clutter を利かせない場合の海面反射の映像範囲について述べる。

個々の波浪から反射された映像は，PPI 上には沢山現れるが， Fig. 2 に示すように，風上側の像は，風下側よりも広範囲に及び，中心附近の像の現れ方は密で，ある距離遠ざかると次第に粗になり，遂には映像が現れなくなる。

此の海面反射についてみるに，波浪の反射による映像の強さや現れる頻度によつて，リフレクターの映像の探知に妨害を与えるが，その程度によつて，判別の困難な範囲，注意すると判別出来る範囲と，又スキャナーの数回転の走査に，一つの波浪からの映像が一度位現れる程度であつて妨害がほとんどなく，容易に判別できる範囲とに区分される。このうち注意すると判別できる範囲と，容易に判別できる範囲との境界線のうち画面中心より最も遠い線を Fig. 3 で示すように限界線と名付けた。

これは普通，レーダーにて監視する場合，実用的に探知し易い範囲と探知し難い範囲との境界を限界線としたのであつて，その波浪に対する，そのレーダーの最大探知距離を示すものではない。そこでこの限界線

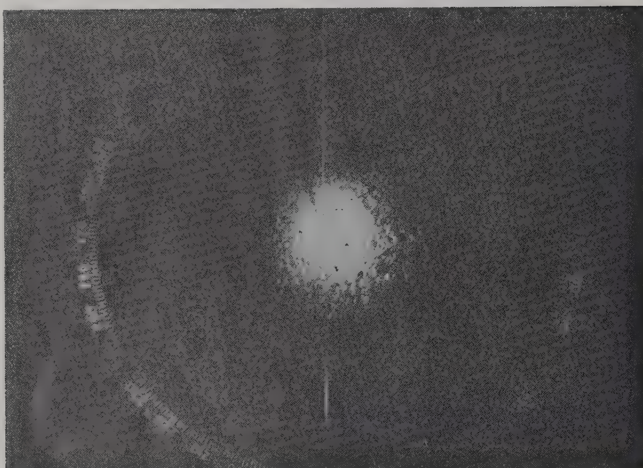


Fig. 2. Image of the sea clutter
1) Range scale used : 4M　2) Position of reflector's image : 89°, 1.35M
3) Wind velocity : 5.3 m/sec

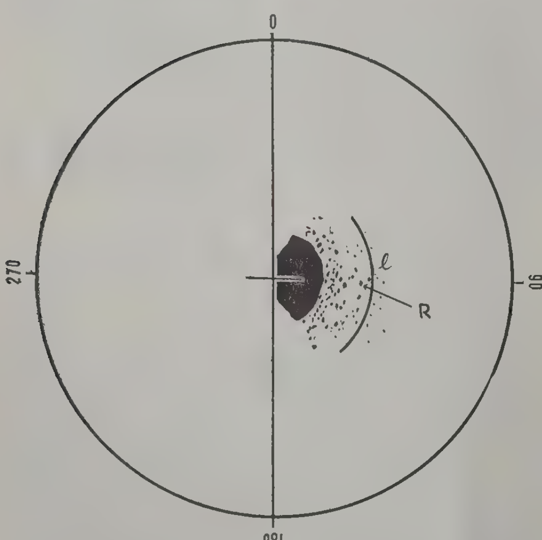


Fig. 3. Plan figures of "Limit Line" and the reflector's image on the screen
l : "Limit Line"　R : reflector

が各風速についてどのような距離に出るか実際に測定してみたのである。

IV 測定結果とその考察

測定した真風速及びその時の限界線迄の距離を Table 2 に示す，又これをFig. 4 に描いてみた。さてレーダーの最大探知距離は次式で与えられてゐる[2)3)]。

$$R_{max}=\sqrt[8]{\frac{P_t\cdot AG\sigma(4\pi)^2(h_a\cdot h_t)^4}{P_{r\ min}\cdot\lambda^4}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

但 P_t : 送信尖頭出力
$P_{r\ min}$: 最小受信電力
λ : 波長
G : 空中線利得
A : 空中線開口面積
σ : 物標の有効反射面積
h_a : 空中線の高さ
h_t : 物標の高さ

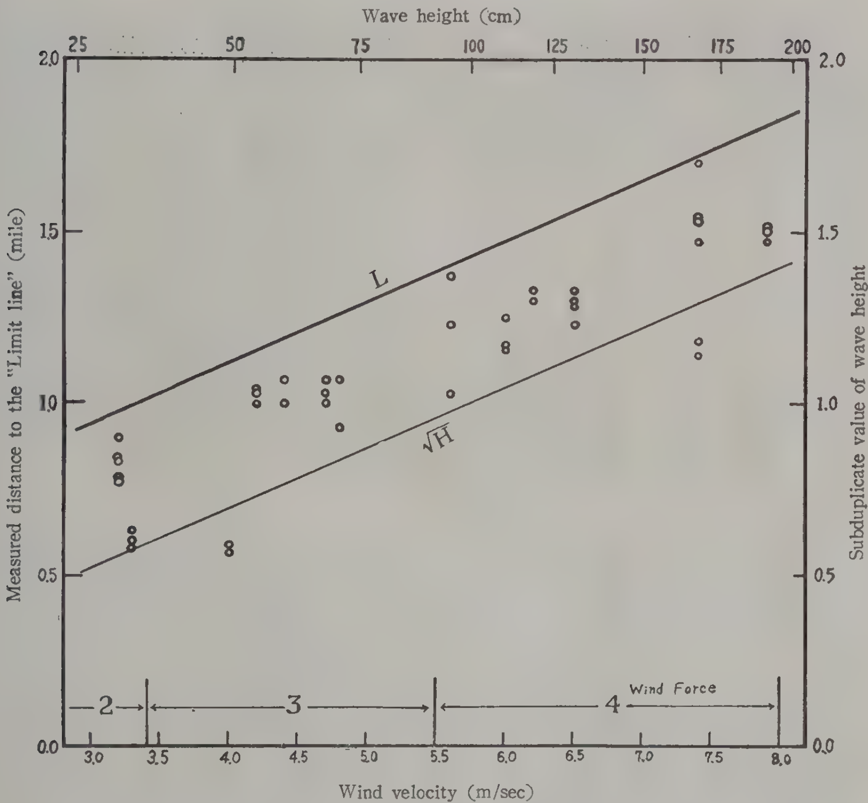


Fig. 4. Relation between "Limit Line" and values of $\sqrt{H}$
○ : Measured values of "Limit Line" correspond to various wind velocities

(1) 式の導出は，直接波と海面反射波の合成干渉のある場合をとつた。今一つの波について考えると，その探知距離は，レーダーの諸性能を一定とすれば，物標の有効反射面積と高さによつて影響されることが分る。先づ物標である波の反射面積は$\frac{1}{8}$乗で利くので，面積が倍になつても約9％の増加に過ぎない。波高が高くなると反射面積も大となると考えられるが，実際には波は風の方向に前後に幾重にもできるので，近距離のものより遠距離のもの程次第に反射面積が少くなると考えられる。それで面積よりも波高が問題になつてくるが，(1) 式によれば波高は$\frac{1}{2}$乗で利くので，探知距離に大きく影響することが分る。さて，各風速に対する最高波高を求める実験式は種々あるが，Rossby, Montogomery の式によると[4]，

$$H=\frac{0.3\,W^2}{g}\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

但　H ： 波高 (m)

W ： その時の風速 (m/sec)

g ： 重力の加速度

で算出される。今各風速についての波高の平方根$\sqrt{H}$の値を求めてみると，Fig. 4 に示すように直線が得ら

Table 2. Measured values of "Limit Line" correspond to various wind velocities

Measured values of Limit Line (mile)	Wind Velocity (m/sec)	Wind Force	Measured values of Limit Line (mile)	Wind Velocity (m/sec)	Wind Force
0.83	3.2	2	1.23	5.6	4
0.77	3.2	2	1.03	5.6	4
0.90	3.2	2	1.25	6.0	4
0.83	3.2	2	1.17	6.0	4
0.77	3.2	2	1.16	6.0	4
0.63	3.4	3	1.30	6.2	4
0.58	3.4	3	1.33	6.2	4
0.60	3.4	3	1.33	6.5	4
0.57	4.0	3	1.30	6.5	4
0.59	4.0	3	1.23	6.5	4
1.03	4.2	3	1.29	6.5	4
1.03	4.2	3	1.18	7.4	4
1.00	4.2	3	1.14	7.4	4
1.00	4.4	3	1.53	7.4	4
1.07	4.4	3	1.53	7.4	4
1.00	4.7	3	1.47	7.4	4
1.07	4.7	3	1.70	7.4	4
1.03	4.7	3	1.50	7.9	4
1.07	4.8	3	1.50	7.9	4
0.93	4.8	3	1.47	8.0	4
1.37	5.6	4			

れる。そこでリフレクターの映像の判別が容易な範囲と，困難な範囲を示す限界線LをFig. 4に於て，$\sqrt{H}$の直線に平行に入れてみた。

以上の結果リフレクターを監視する際，海面反射の映像がどれだけの距離迄生ずるかFig. 4から次のような値を得る。

風力 2：1.0浬

風力 3：1.4浬

風力 4：1.8浬

即ち，出来るだけ遠距離迄探知出来るように，リフレクターを設計すれば，風速8 m迄は，各風速に対する限界線以遠の距離にリフレクターの映像があるように，船の位置を保つなら，海面反射の妨害があつてもclutterの調整を行わずに容易に監視し得ることが分る。

V 結　　言

此の測定実験には，レーダーの操作，写真測定及び限界線の決定に個人差等種々の誤差があるものと考えられるが一部の測定値は得られた。視界不良にして且比較的波浪の強い海域でのリフレクターの監視方法として，個々の使用レーダーについて各風速に対する海面反射の生ずる範囲を測定しておくと便利であると云うことを提案したのである。

終りに臨み本報告の御校閲及び御指導を賜つた本学石田正己助教授並びに御協力いたゞいた小藤英登助教授，秋葉芳雄助手に深甚の謝意を表する。

文　　献

1) 井関貢 (1954). 日航海誌 11, 119.
2) 伊藤・高橋 (1953). レーダー. 173p. 東京; 興洋社.
3) 石田・鈴木 (1953). 日航海誌 9, 3.
4) 宇田道隆 (1954). 海洋気象学. 297p. 東京; 天然社.

浮子の浮力減少について（I）

五　十　嵐　脩　蔵
（北海道大学水産学部水産機械学教室）

On the Decrease of Buoyant Force of the Float (1)

Shûzô IGARASHI

Abstract

The writer, using the strain gauge as shown in Fig. 1, measured continously the buoyant force of floats made of paulownia, synthetic rubber and other materials.

From this experiment, the results obtained are as follows.

1. The use of a strain gauge can be applied to measure the buoyant force. It is effective.
2. The decrease of buoyant force of the paulownia float is caused by absorption of water and the rate of decrement of the buoyant force can be expressed by (II . 1).
3. Stress-strain curves for synthetic rubber float and other floats were obtained as shown in Fig. 12.

まえがき

これ迄種々なる材料で作られた多くの浮子が使用され，その重量や浮力[1]，或いは浮子の吸水量と浸水日数に関する理論式[2]，コルクの水圧による変形[3]等の研究がなされた。又最近では合成浮子が使用され，それに対する力学的考察も一二されている[4,5]。

以上の報告によると常圧に於ける浮子の浮力変化の測定は比較的容易であるが，常圧以上の水圧のもとでは吸水による浮力の減少は一定時間加圧したのち圧力をさげ，水中より浮子を引き上げて重量を測定し，その増加量からこれを求めているから測定が面倒であり，不正確を免れない。又浮子の変形による浮力の増減は，5)の研究以外測定が殆んど不可能であつた。

筆者は金属抵抗線歪計を用いる事によつて水圧を加えた場合の浮子の浮力の変化を連続的に測定し得た。ここに測定装置及び測定結果を報告するものである。

本文に入るに先だち，此の報告の作成に当つて終始御指導を戴き且つ御校閲を賜つた当教室小林喜一郎教授，　大川鉄男助教授，そして又実験に際して御協力願つた当教室新谷恵美嬢に深甚なる謝意を表わすものである。

I 測定装置

歪計を用い浮力を歪に変換して測定した。使用した歪計は新興通信工業株式会社PS 7－L型であり，ゲージは同社製S_1型，ゲージ率2.03，120Ωのもので，此のゲージを鋼板（厚さ0.35mm，巾12mm）に貼付した。Fig. 1はその概略を示し，Fig. 2はその外観である。

ゲージを貼付した鋼板部分は水中に入り且つ水圧を受けるからゲージの防水，防湿には特に留意し，予めテストした。ゲージとインディケーターを結ぶ線に市販のビニール被覆の電燈線を用い，ゲージ及び裸線部分にシーリングワックスをぬり更にその上にエナメルをぬり，鋼板及びビニール線を薄いゴムチューブで覆つた。これはFig. 2 に見る事が出来る。此の様に被覆されたゲージと外部との電気的絶縁は水圧25$^{kg}/_{cm^2}$のもとでも完全に良好だつた。此の様にしてから各ゲージの端をインディケーターの該当する端子に接続し，天秤にて鋼板に浮力がかかると同じ状態になるよう上向きに引張力をかけ，引張力と鋼板に生ずる歪を測定

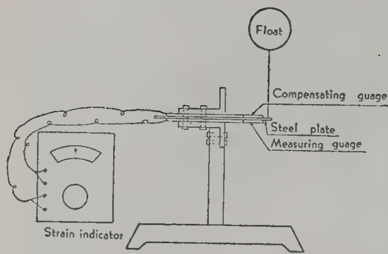


Fig. 1. Schematic figure of the apparatus



Fig. 2. An outside view of the apparatus

した。Fig. 3 は引張力一歪の関係を示すものである。

なお水中に入れた際引張力をかけなくても鋼板にはある歪（ゴム被覆及びその内部に残つている空気の為と思われる）が生ずるが，此の零点を各水圧下において予め測定しておいた。此の様にして測定装置を作り，下記の実験を行つた。Fig. 4 は実験の模様を示している。

II 桐 材 の 浮 力

桐の角材から体積約 40cm^3～70cm^3，全表面積に対する木口面積の割合が 3.5（●），4.5（○），5（×），6（△）〔（ ）内の●○×△は Figs. 5—8 に用いた印である。夫々の圧力のもとで実験したものは，同じ印のものでも同一グループには属するが別の試料である〕の四種を切り出して試料とした。一般に桐材はその性質が均一でなく，用いた試料もその緻密さには相当差異があつた。これらの試料を用いてその浮力と時間及び水圧との関係を測定した結果を Fig. 5 に示してある。

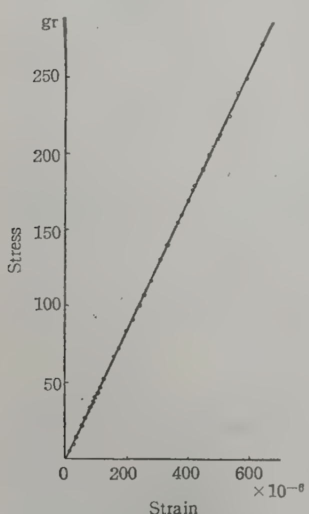


Fig. 3. Standard stress-strain curve

縦軸には $\frac{B'}{B}$ をとり横軸には時間（分）がとつてある。

ここに

B ： 水面下約5cm で測定した最初の浮力

B′： 同上で各条件のもとで測定した浮力

なお時間はポンプにて水を圧力タンク内におくり圧力をかけ始めた時から測定しはじめたが，所定の圧力にするのには約30秒～40秒を要した。而して浮力が夫々の圧力のもとで略々半減する迄継続測定した。

Fig. 5 より浮力の減少の経過が次式によつて表わされるものとして，各係数を実験結果より計算した。それは Figs. 6—8 に示してある。

$$\frac{B'}{B} \doteqdot B_1 e^{-a_1 t} + B_2 e^{-a_2 t} \qquad (\text{II}\cdot 1)$$

ここに，B_1, B_2, a_1, a_2, は定数であり，t は時間である。

IIIの実験に用いた方法で各水圧に於ける体積の変化は測定しなかつたが，実験終了後各試料の体積を測定した。体積の変化は浮力の変化に殆んど影響しない程小さく（約5％増）桐材の浮力の減少はその吸水によるものと思われる。

Fig. 5 にみられる如く木口面積の大小による浮力の減少

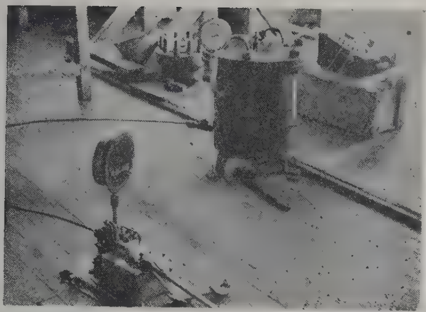


Fig. 4.　A view of the laborattory work

（即ち吸水量の差異）に及ぼす影響は此の実験ではみられなかつた。これは前述した通り一様な試料を得る事が困難でその緻密さの違いによる影響の方が大きいからだと思われる。Fig. 6 より $B_1+B_2=1$ でかつ B_1 及び B_2 は形状，大きさによる事なく略々一定で，水圧によつて変らない事がわかる。又 Fig. 7，8 より a_1 及び a_2 はともに実験の範囲では水圧の約1乗に比例している。以上の事から桐材の浮力が水中にて減少するのは吸水の結果によるもので，体積の減少によるものとは考えられない。

田内[2]によれば吹水量は次式で表わされる。

$$q=Q'(1-e^{-k't})+Q''(1-e^{-k''t}) \qquad (\text{II}\cdot 2)$$

実験から $\frac{B'}{B}=\frac{B-q}{B}$ であるから

$$\frac{B'}{B}=1-\frac{Q'}{B}(1-e^{-k't})-\frac{Q''}{B}(1-e^{-k''t}) \qquad (\text{II}\cdot 3)$$

（II・3）式を変形しかつ $\frac{Q'}{B}=B_1$，$\frac{Q''}{B}=B_2$，$B_1+B_2=1$ とおくと（II・1）式と同じ形になり，これからも桐材の浮力の減少が吸水によるものである事がわかる。なお此の実験中，室温 19°C～21°C，水温 17°C～19°C であつた。

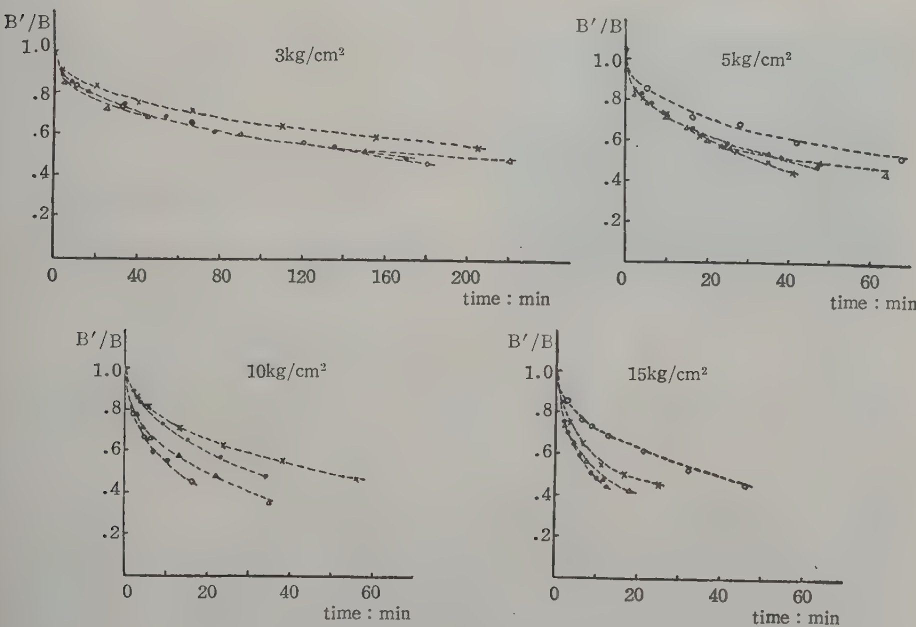


Fig. 5.　B′/B-time curves at each hydrostatic pressure

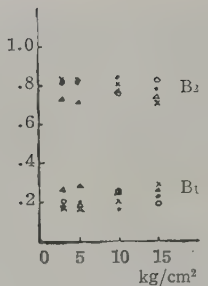


Fig. 6. B_1 & B_2–hydrostatic pressure curves

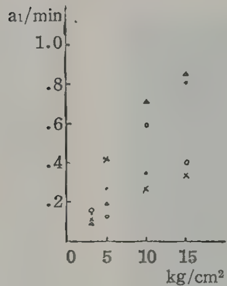


Fig. 7. a_1–hydrostatic pressure curve

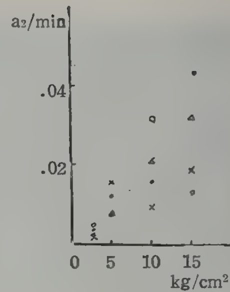


Fig. 8. a_2–hydrostatic pressure curve

III 合成浮子の変形

市販の合成浮子三種（合成ゴム製，塩化ビニール製及びエボナイト製）を用いて，その変形のみによる浮力の減少を求めた。

浮子の吸水をさける為に市販のゴム風船でそれを覆い，内部の空気を抜きとつてから実験に供した。ゴム風船内に空気を吹きこみふくらませてから圧力タンク内に入れ，圧力をかけたが水は内部に入らなかつた。又Fig.10の如くしてゴム風船内の体積と圧力を測定した。その結果はFig.11の如くであつた。これらの事よ

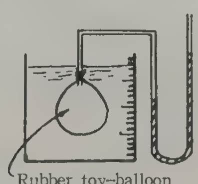


Fig. 9. Schematic figure of measuring volume and pressure of a rubber toy-balloon

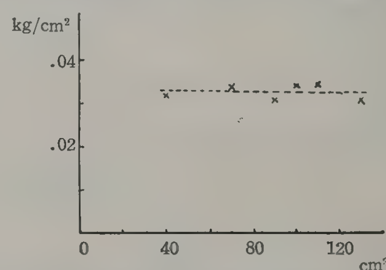


Fig. 10. Pressure–volume curve for a rubber toy–balloon

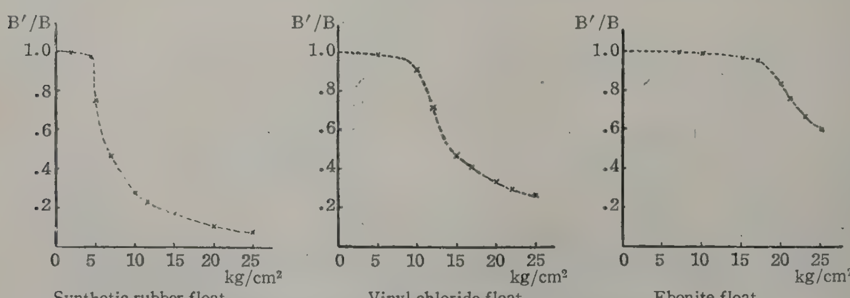


Fig. 11. B′/B–hydrostatatic pressure curves

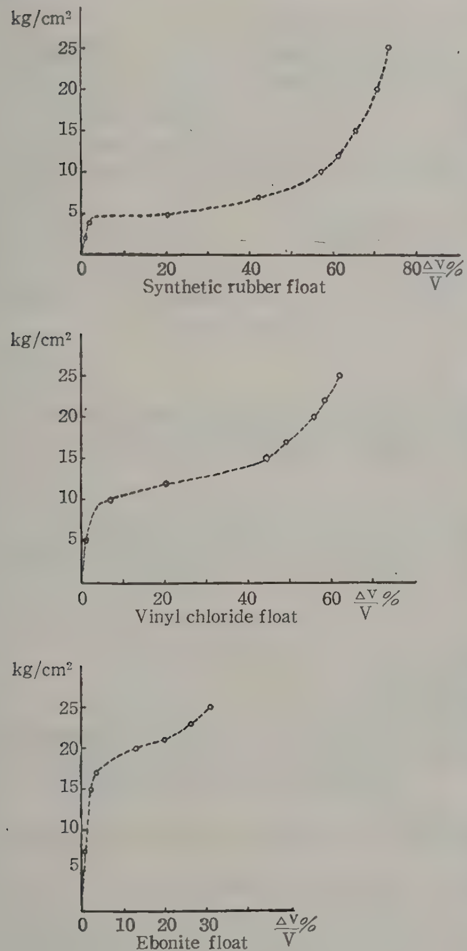


Fig. 12. Stress-strain curves for synthetic rubber float and other floats



Fig. 13. The condition of floats after use

りゴム風船で覆つた浮子内には水は浸入せず，又ゴム風船の圧縮力は無視出来る事がわかつた。なお実験終了後秤量したがその重量には変化がなかつた。ゴム風船は比重が1より小さかつたがこれによる浮力を無視した。

浮力の測定はポンプで所定の圧力に上げてから3分経過後測定してそれをその時の浮力とした。Fig.11は測定結果を示す。これより或る水圧以上になると急激に浮力が減少することがわかる。測定された浮力と浮子の空中重量よりその体積を算定し（実験遂行中水温9°C，室温19°C～23°C，湿度40%）求めた Stress—Strain 曲線がFig.12である。

材料の弾性係数Eは荷重—圧縮曲線の原点の勾配であり，同様に圧力—体積曲線の原点の勾配は嵩係数Kでありその関係は次式で表わされている。

$$E = 3K\,(1-2\mu) \qquad \mu:\ \text{ポアソン比}$$

普通の荷重—圧縮曲線を求めてEを知ればポアソン比が求まり，更にFig.12にみられる特殊のS字型曲線に適当な解釈を与えると合成浮子の如く独立な気泡をもつ材料の性質を解明する事が出来よう。これは今後の研究にまつとして本報告では単に Stress—Strain 曲線を示すに止めておく。Fig.13は実験終了後直ちに写したもので浮子の変形の状態がよく出ている。実験直後では合成ゴム製55.7%，塩化ビニール製54.6%，エボナイト製48.5%に浮力が復元し，更に24時間後には最初の浮力に対して夫々81.6%，77.3%，76.4%に復元していた。

試料の関係から吸水量の測定は出来なかつた。これも今後の実験に俟ちたい。なお試料は手近なものを使つたにすぎず比較試験でない事を明記しておく。

最後に本実験の費用の一部は財団法人水産科学研究奨励会より受けた。感謝して附記しておく。又実験装置のゴム被覆は道南漁業資材株式会社の御好意によるものである。併せて感謝の意を表す。

IV 要　約

1) 金属抵抗線歪計を用い，浮力を歪に変換して水圧下にある浮子の浮力を外部より連続的に測定した。

2) 桐材の浮力の減少は吸水によるもので元の浮力に対する割合は次式で表わされる。

$$\frac{B'}{B} = B_1 e^{-\alpha_1 t} + B_2 e^{-\alpha_2 t}$$

而してα_1, α_2は実験の範囲で水圧の略々1乗に比例する常数であり，Fig. 7，Fig. 8 に示してある。

3) 合成浮子の体積変形のみによる浮力の減少を求め，それより Stress—Strain 曲線を求めてそれが特殊なS字型である事を示した。

文　献

1) 宮本秀明 (1952). 定置網漁論. 322p. 東京；河出書房.

2) 田内森三郎 (1949). 水産物理学. 213p. 東京；朝倉書店.

3) Dart, S. L., Robinson, Howard, A. & Guth, Eugene (1947). Elastic properties of cork. III. Hydrostatic and ordinary load—compression curves for cork. *Jour. App. Phys.* 18 (5), 474—478.

4) 高木三男 (1956). 合成浮子の特長. 漁業技術. 2 (6), 8—11.

5) Roach, S. W. & Harrison, J. S. M. (1953). Buoyancy of submerged cellular plastic net float. *Prog. Rep. Pac. Coast Sta.* (97).

中層トロールに関する研究
V 実物網による海上実験について

小林喜一郎　　　井上直一
（北海道大学水産学部水産機械学教室）　（北海道大学水産学部漁法物理学教室）

An Experiment on a Mid-Water Trawl
V. Experiments on full sized mid-water trawl gear at sea

Kiichiro KOBAYASHI and Naoichi INOUE

Abstract

The fifth part of this article continues the study on the utility of the experimental full scale mid-water trawl gear. This fishing gear consists of the following main parts :

1. Cotton twine net made in four different mesh sizes; it measured 18m in length, 43m in breadth and 7m in height of the mouth.
2. Aerofoil type otter boards measured 2m in length and 1m in height.
3. Depressors giving a continuous downward thrust to the two lower wings and thus assisting in producing not only a maximum opening strain to the mouth of the trawl, but also in depressing the whole fishing gear against uprising of the net likely to be caused by flow resistance.
4. Thirty-six mm diameter manila twine towing warp, 200m in length.
5. Electric depth meter indicating the position of the net below the sea level.

This gear was tested near Otaru Bay. The position of the net, spread of the otter boads, tension of the warp, opening of the mouth, etc, were measured when towing speed was from 1 knot to 2.5 knot. The results proved that this gear had a good stability, the net form being good and the depressors and otter boards being effective; also it was possible to tow the net at any depth by adjusting the warp length.

I まえがき

中層トロールに関する研究は，前年度に引続き31年度も水産庁より農林漁業応用研究費が与えられて，北大水産学部と北海道水産試験場の協力のもとに進められた。即ち前年度の模型網による試験結果を参考として実際に漁撈を行う事の出来る大きさの網及びこれに附属するすべての漁具を試作し，昭和31年5月（これを前期試験と称す）と12月（後期試験）に余市近海に於て水産試験場の試験船第三探海丸（51トン100馬力）により海上実験を行つた。今回の実験は網成り，オッターボードの展開，デプレッサーの効果，操船操業等の検討を主としたものである。尚12月雄冬のスケソーに対して漁獲試験を行う予定であつたが，悪天候やその他の事情で，これを実施することが出来なかつた。

II 前期試験

(1) 漁具構造

前期試験に用いた漁具の構造は Fig.1 より Fig.3 までに示してある。即ち Fig.1 は漁具全体で，網は綿糸，網巾144尺，網丈60尺，網口24尺四方，手網は浮子側が60尺に対し沈子側は62尺となつている。これはデプレッサーによる網口下側の展開に役立つ。網全体の重量は空中で 135kg，浮子は硝子球で4寸18箇，2寸5分71箇その浮力は 15kg であるが，これに対し沈子は60匁鉛玉151箇その沈降力は 30kg である。Fig. 2

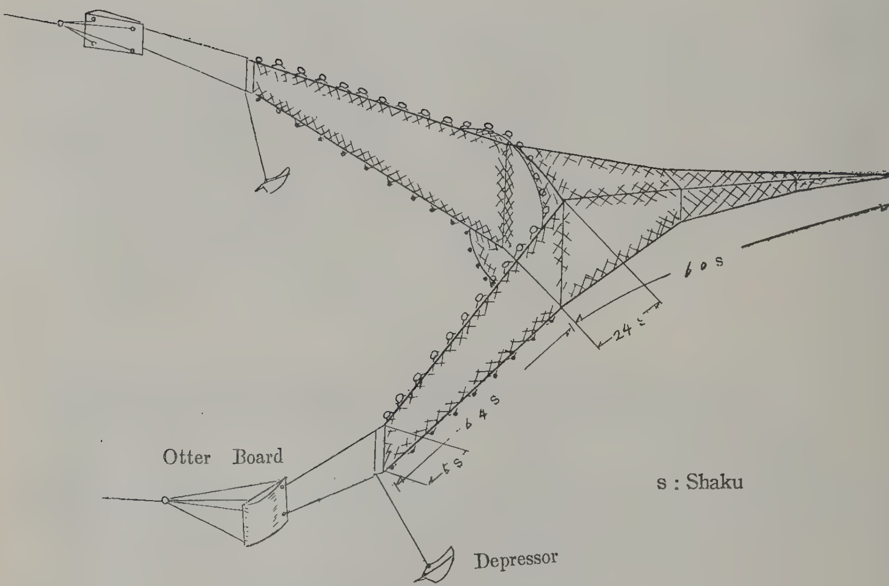


Fig. 1. Mid-water trawl gear

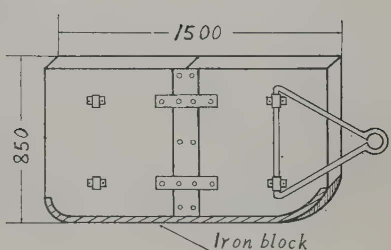


Fig. 2 Otter-board

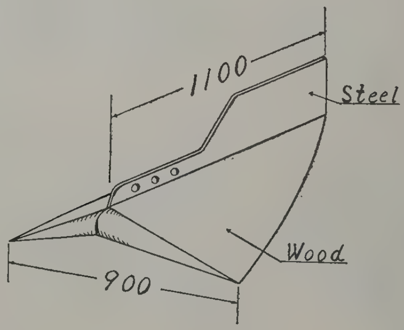


Fig. 3 Depressor

はオッターボードを示す。ブライドル（重量10kg）とチエーン（6 kg）以外は木製で，下縁には28kgの鋳鉄製の重錘をつけ，縦の安定を保持した。その有効面積は 1.3m², 水中重量は約40kg である。オッターボードが水流となす角度は35°～40°であつたから，水中2ノツトの速力では約56kg の展開力を生ずるものと考えられる。Fig. 3はデプレッサーを示す。厚み2mm の鋼板製ハート型翼板の上を木材で整形したもので，前縁には14kg の鉛塊を封入して水中曳航時に適当な附角を生ぜしめると同時にデプレッサー自体の水

中重量を略零に保つ如くした。その有効面積は0.8m²，前縁より三分の一の点を4分27kg の鎖で吊下げたので，水中2ノットの曳航時には約65kg の沈降力を生ずる。曳綱には1寸径マニラロープを片側200mずつ準備した。

（2） 実験方法

実験はワープの長さ30尋（45m）と50尋（80m）とにつき次の3つ場合について実施した。

イ．デプレッサーをつけぬ場合

ロ．デプレッサーを1箇網口の下縁中央部に装着した場合

ハ．デプレッサーを2箇各々袖網の前方の沈子綱に装着した場合

各場合につき船速，網の位置，オッターボードの開き，網口上下の開き等を観察測定した。測定方法としては別に小型のモーターボートを出し，これに50KCの携帯用魚探を取付け，網を追跡して記録せしめた。又網が海面近くに浮上すればボートから直接観視用硝子箱で観察する事が出来た。投網，揚網の順序は次の如くである。船を微速で風下に向けて進行させ，嚢網，身網，袖網，デプレッサー，オッターボードの順に投入し，ワープを船尾のローラーにかける。ワープに印した長さのマークを左右揃え乍ら延ばし，所要の長さにそろえば船の速度をあげて曳航する。揚網の際には船を停止し（船が小型であつたのでゴウヘイ捲が出来なかつた）船室前方のドラムでワープを捲きとる。オッターボードが海面に見えれば，両舷のロープを共に右舷にまわし，船首のリギングで交互に揚げ，続いてデプレッサー，最後に網を揚げた。前期試験に於ては船の設備改修が間に合わなかつたため，このような操業方法をとつた。

（3） 実験結果

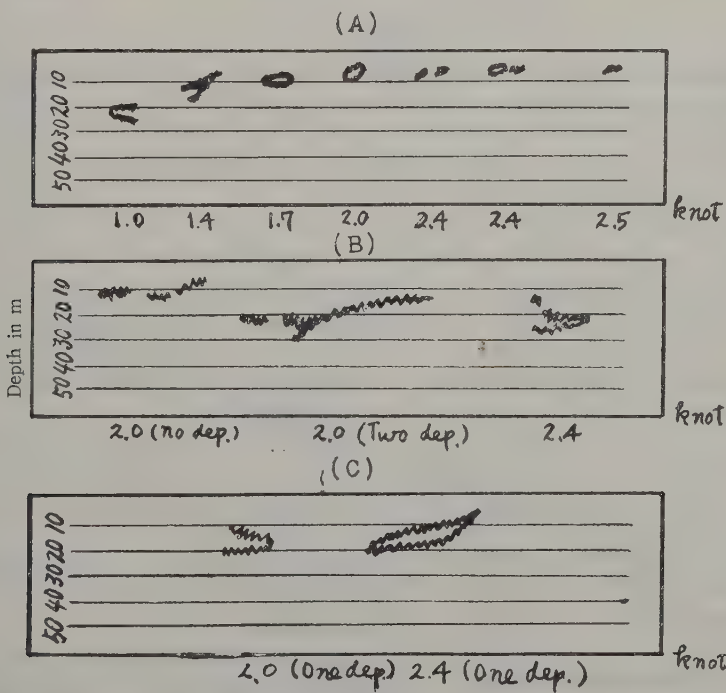


Fig. 4　Echo-images recorded by the echo-sounder

Fig. 4に魚探に現われた記録及び計測された値を併記した。即ち（A）図はデプレッサーを装着しない時の船速と網の位置を示す。左から右に船速を増すに従つて網は前報[1]で述べた如き浮上曲線を画いて上昇し，網口も仕立24尺のものが6尺～12尺に狭くなつている。網の位置が水深10m位まで浮上するとモーターボートより観察する事が出来たが，オッターボードの展開は良好であつた。（B）図はデプレッサーを2箇袖網前方の沈子綱につけた結果であるが，網口の位置が記録された。但し左端の記録はデプレッサーをつけぬ時の網の位置を比較のため記録したものである。即ち船速2ノットで深さ10mの位置にあつた網は，デプレッサーをつけたために24～29mの位置まで沈み，網口も約15尺位開いている。（C）図はデプレッサー1箇を網口下際につけた場合で，デプレッサー1箇分だけ沈降力を減じ，水中深度は約17mとなつてあらわれている。

（4） 結論

イ．試作せる網にデプレッサーをつけない時はオッターボードの利きは良好であつたが，網口上下の開きがせまくなり，且速度の増加と共に網は浮上し2.4ノットで約7mまで浮上した。

ロ．デプレッサーをつけるとその沈降力に応じて網は沈み，且網口上下の開きも良好で速度増加による網の浮上も少ない。

ハ．デプレッサーをつけた場合のオッターボードの開きが不足のように思われたが量的には確められなかつた。

ニ．試験船の馬力が不足で速度が出ず，又ストップ捲のため揚網に時間を要した。

ホ．オッターボードの空中重量が120kg 近くあつたため操業が困難であつた。

III 後 期 試 験

後期試験は前期試験の結果を検討して漁具の構造や操業上の改良等を図つて，12月余市近海に於て，同船によつて実験を行つた。改良した諸点の主なるものは次の如くである。

イ．網

浮子を硝子球の代りに硬質ビニール製紡錘型とし80箇浮力37kg. に増した。沈子は前のままであつたので投網後海上に浮んで観察が容易であつた。

ロ．オッターボード

前期試験では空中重量が大きく操業が困難であつたのと，有効面積が不足の如く観ぜられたので，重量軽減のため鋼材アングルの熔接を骨格とし，これにトタンの外板をかぶせた翼型構造とし，巾2m，高1mで有効面積は2 m^2，水中重量は約 50kg ブライドルは4分ワイアロープとした。構造の大略はFig. 5に示してある。展開力は2ノットで約 120kg と概算された。

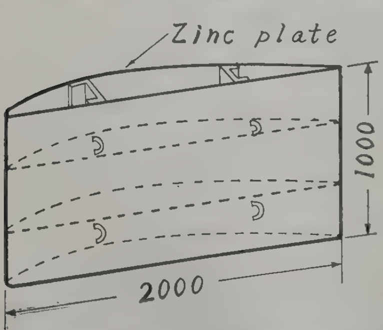


Fig. 5 Aerofoil type otter-board

ハ．電気深度計

前報で報告したる如き電気深度計を網口の下際にとりつけ，キャブタイアコードで船上に導き，網の位置を船上で測定し得る如くした。

ニ．手綱

手綱の長さを2mに縮めた。これは網の展開状況を観察するに便ならしめるためである。

ホ．操業方法

Fig. 6に示す如き右舷側投網とした。そのため船首尾にガロースを設け又リギングも船首尾に設けて操業に便ならしめた。投網は次の如くである。右舷に風を

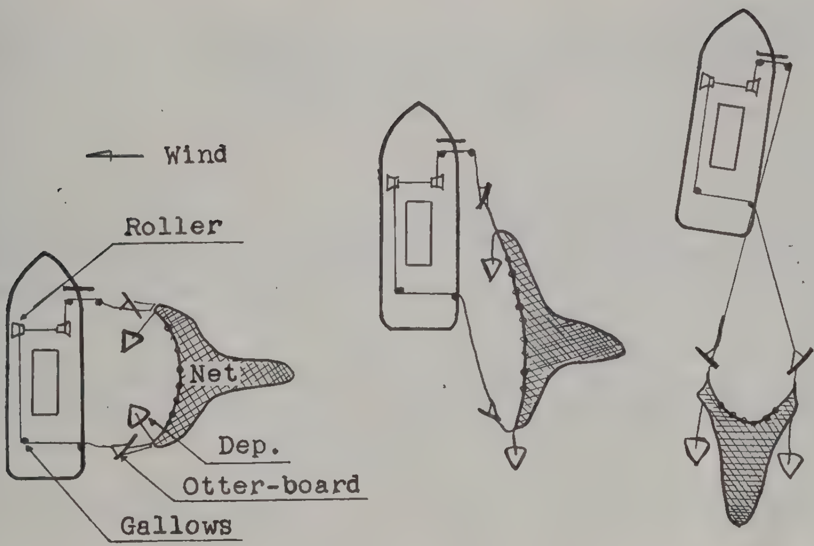


Fig. 6　Operation of the mid-water trawl

うけ網を入れる。網の展開をまつて，デプレッサー及びオッターボードを投入し同時に船は右偏舵微速前進し，船尾側のワープをのばし，船首側のオッターボードに張力をかける如くすれば両側のオッダーボードは展開す。網成りの安定後船首側のワープをのばし，両ワープを揃える。尚オッターボードの開き角を測定するため船尾で両ワープをしばり合わせた。

へ．実験方法

ワープの長さを30，50，80，100mの時の船速，網の位置，オッター開度，ワープの張力，ワープの傾角

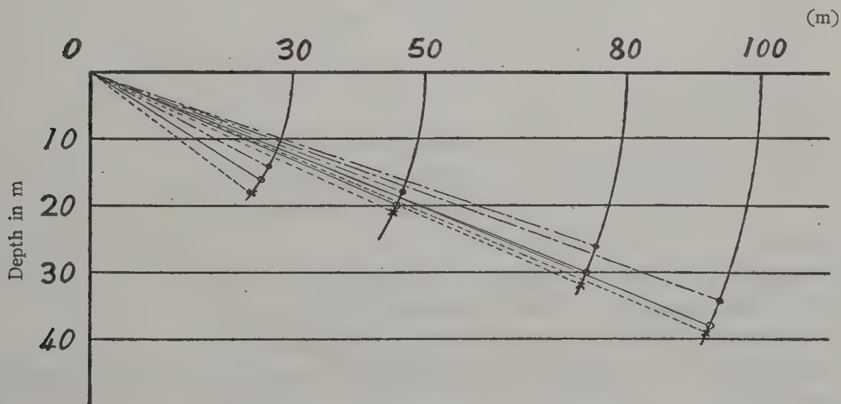


Fig. 7　Relations between the warp length and the net position in sea water
×, 1.7 knot　○, 2.2 knot　●, 2.4 knot

発動機回転数等を測定した。

（1） 試験結果

測定した結果を整理すれば Table 1 の如くなる。又以上の結果から各速度に於けるワープの長さと網の深さとの関係を図示すれば Fig.7，又ワープの長さとオッターボードの展開距離との関係を図示すれば Fig.8 の如くなる。

Table 1 Results of the test

Warp length m	30			50						80			100		
Warp angle °	15	20	22.5	15	15	20				15	15	15	10	13	13
Otter distanse m	8	10.8	12	13	13	18				20.8	20.8	20.8	20	22	22
Net position m	18	16	14	21	20	18				32	30	26	38	38	34
Towing velocity knot	1.7	2.2	2.4	1.8	2.2	2.4	30	28	26	1.7	2.2	2.4	1.7	2.2	2.4
Warp inclination °	67	75		73							69	60	67	73	73
Engine revolution /min	250	280	330	260	285	330	255	285	330	260	285	330	260	285	330
Warp tension kg							250～550	350～850	350～850						

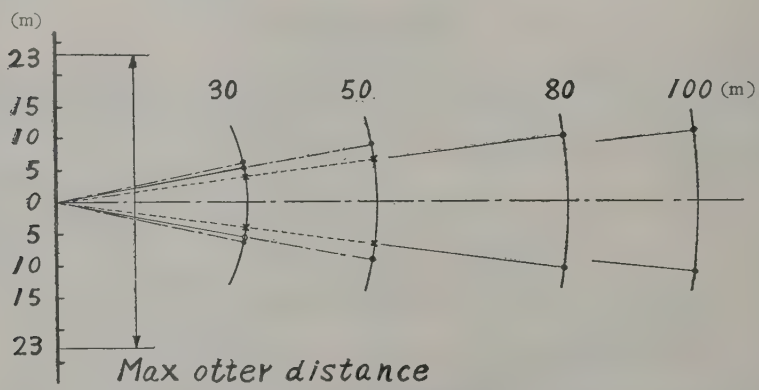


Fig. 8 Relations between the warp length and the distance of the two otter-boards
×, 1.7 knot ○, 2.2 knot ●, 2.4 knot

（2） 結論

後期の試験は冬の日本海で波浪高く実験測定に非常な困難を感じたが，オッターボードの展開良好で，デプレッサーも予期した通りの効果があつた。以下結論を述べれば次の如くである。

イ．前期試験に比しオッターボードは軽量になつたために操作容易で展開も非常に良好であつた。

ロ．網の沈降は前回に比し少し減少した。これは漁具全体の重量を減じたのとオッターボードの面積を広げたためである。

ハ．オッターボードの利きはワープを50m以上伸ばした時に大きい。

ニ．ワープの長さを加減する事により任意の深度で網を曳き得る。

ホ. 網に大きな張力がかかる。網口近くの袖網地が切断することがあつた。

ヘ. 魚種によつてはより早い速度が必要であつたが，船の馬力不足のためこれ以上の速度が望めなかつた。

ト. ワープの片側張力は船の動揺が甚しかつたため正確ではなかつたが片側平均 600kg （速度 2～2.4ノット）である。

IV あとがき

本実験は，中層トロールに関する研究（主任研究員井上直一）として，北海道大学水産学部と北海道水産試験場との協同研究に対し水産庁より補助金を仰いで実施したもので，特に御指導御協力を頂いた大垣場長福原技官及本学部川崎，斎藤の両教授並に関係各位に対し深甚なる謝意を表します。

文献

1) 小林喜一郎（1956）．中層トロールに関する研究．北大水産彙報 7（1），21—30.

DESIGN OF AN IMPROVED TURBIDITY METER

Masaaki FUKUDA
Faculty of Fisheries, Hokkaido University

Several methods have been used in measuring the turbidity under the sea surface. Young (1942) and Jerlov (1953) sampled sea water and measured its light transparency and light scattering by the use of a Tyndall-meter. Powell (1936), Atkins (1938) and Utterback (1938) measured the decay of daylight under the sea surface with the undersea photo-cell and calculated the extinction coefficient of the sea water. Pettersson (1936) and Joseph (1949) measured the extinction coefficient of the sea water *in situ*, using the transparency-meter (or the turbidity-meter). In 1953 a new type of turbidity-meter was designed by the author (Fukuda, *et al.* 1954). In this instrument, the flux of the source light is cut about 400 times a second by the rotating sector, and this modified light produces an alternating current in the photo-cell circuit. Next in the amplifier circuit, only this alternating current is picked out leaving the other current produced by the daylight, and so with this instrument the turbidity can be measured *in situ*, without any disturbance by the daylight. This iustrument, however, was so complicated that it became bulky and often went wrong. So the author designed another type of turbidity-meter in 1955 the details of which are reported here.

Details of the instrument

Fig. 1 and Fig. 2 respectively show the schematic diagram and the outer view of the instrument. The instrument consists of the electric source (a), the measuring part (b), the leading wire system (c) and the submarine part (d). The submarine part is a brass cylinder 12 cm in diameter and 123 cm in length. This cylinder is divided into three chambers; on the left-hand is the watertight box of the light source, the middle part is the water passage and on the right-hand is situated the light-receiving box. The submarine part is hung down to 200 m depth from the deck with a cabtyer cable (the leading system c in Fig. 1) which consists of two copper wires and two steel ones. The cable is wound on an iron reel, the rotating drum of which has a mercury connector on its rotating axis. This connector was specially designed by the author, as shown in Figs. 3 and 4 so that the connection between the measuring part and the leading wire might never be cut even when the drum was rotated.

Fig. 1 also shows an electric circuit diagram of the instrument. The electric source consists of three batteries of 6 V; two of them are for the light source in the submarine part and the other is for the A-cell of the amplifier in the measuring part. B-cell of the amplifier is a 67.5 V dry cell and packed in the amplifier box. As the light source, a small tungsten lamp is used and the lamp current is adjusted to be just 1.25 A using

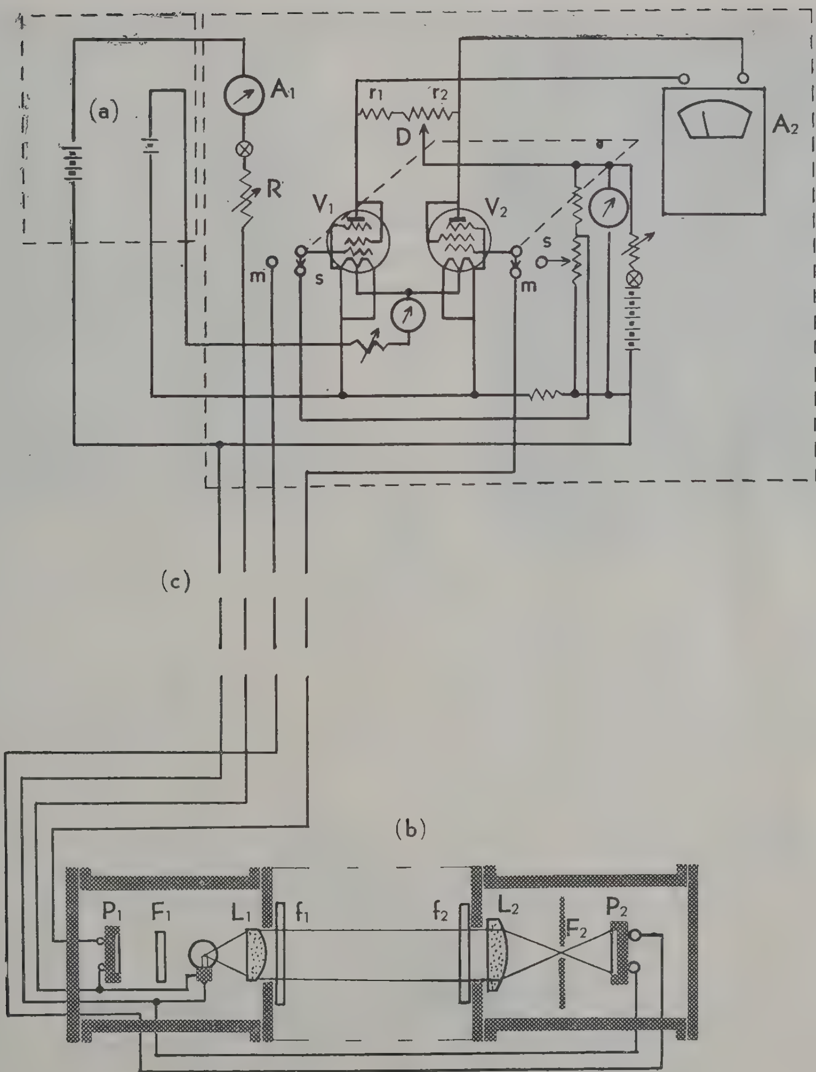


Fig. 1. Schematic diagram of the turbidity-meter

an ammeter A_1 and resistor R. Under this condition the candle power of the lamp is 1.4 and the colour temperature of its filament is about 2800° K. A part of light flux which diverges from the source lamp is made into a parallel beam through the lens L_1 and goes out through the window glass f_1 into the water. The beam, having passed through the water for a distance of 70 cm and being decayed by the suspended matter



Fig. 2. Outer view of the turbidity-meter

in the water and also by water molecules itself, comes into the photo-cell chamber through the window glass f_2. Through the lens L_2 the parallel beams is converged at a pinhole F_2 through which the beam passes to reach the photo-cell P_2. However often beams of the submarine daylight enter by the window glass, the most of them are cut off by the lens L_2 and the pinhole F_2 because those beams are not parallel to the optical axis of the lens and pinhole system. This was ascertained by several preliminary experiments.

Another part of the flux of the source lamp goes in the opposite direction through the filter F_1, its heat ray being eliminated; it reaches the compensation photo-cell P_1. This photo-cell together with photo-cell P_2, two similar vacuum tubes and two resistors r_1, r_2

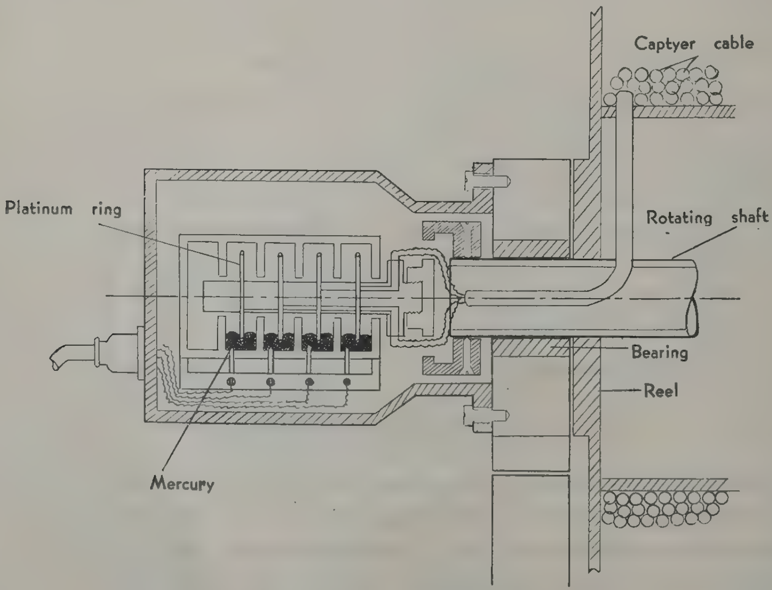


Fig. 3. Schematic diagram of the rotating mercury connector



Fig. 4. Outer view of the rotating mercury connector

constitutes a bridge circuit. Before the submarine part is hung down into the sea, the switch is on to the terminal s (i. e, standard) and two standard voltages are inserted respectively to the grid of each tube in place of the electromotive force of the two photo-cells. Then, the divider D of the two resistors r_1, r_2 being set at the fixed point, the filament current and the B-voltage of the tubes are adjusted so that the indication of a micro-ammeter A_2, which is inserted between plate terminals of the two tubes, shows a definite value. These procedures being finished, the switch is changed to the terminal m (i. e. measurement) and the divider D is adjusted at the fixed indication of the micro-ammeter. This adjustment can be carried on with high accuracy, but the adjustment of the light intensity of the lamp is very difficult, because the fluctuation of the electric current responds to far greater fluctuation of the light intensity. Therefore the compensation circuit is significant. The effect of the preceding P_1 circuit was examined in the laboratory. After the adjustment of the bridge circuit was finished in the air, the submarine part was lowered into the tank water. The reading of the micro-ammeter was 5.4, when the lamp current was adjusted to 1.25 A. Here the reading of the micro-ammeter means the difference of the meter indication in the measurement and in the bridge adjustment. Then the lamp current was changed over from 1.21 to 1.30 A and the reading of the micro-ammeter changed from 4.23 to 6.00, as shown in Fig. 5. This result shows that the adjustment of the lamp current in the accuracy of 10 mmA corresponds to the accuracy of 3 % of the reading of this instrument. In fact on the ship the lamp current adjustment of the instrument could hardly be made more

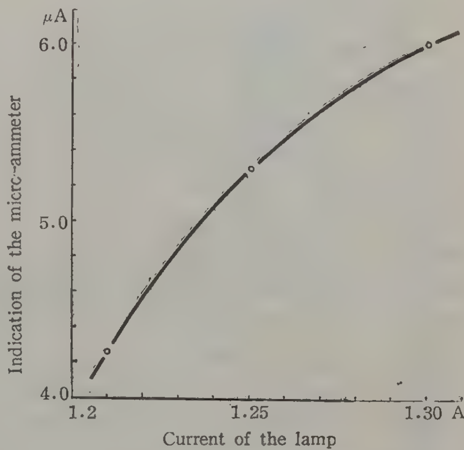


Fig. 5. Relation between the indication of the micro-ammeter and the lamp current

accurate in practice. The turbidity of the sea water varies over an extremely wide range from the coastal area to the open sea, so that the full scale of the micro-ammeter can not cover this wide indication of the turbidity; accordingly two standard voltages which are to be sent through in the grid circuit of the tubes are prepared for the turbid water and the transparent one. A further difficulty which happens in the measurement when hanging the submarine part down to the deep is the blurring of the window glass. It is considered that such blurring is caused by condensation of the moisture in the light receiving chamber coming from the cooling by the cold sea water. This difficulty however, could be removed by packing some desiccating agent in the chamber. In the laboratory the chamber was put in the tank water of 0° C; the blurring was no more seen on the window glass.

The method of calibration

The turbidity of the sea water has not yet been defined to be a single physical quantity, and so the indication of the measuring instrumant is often used in a relative expression of the turbidity so far as measured with the same instrument. Three types of ideas, however, are considered to be important for the definition of the physical

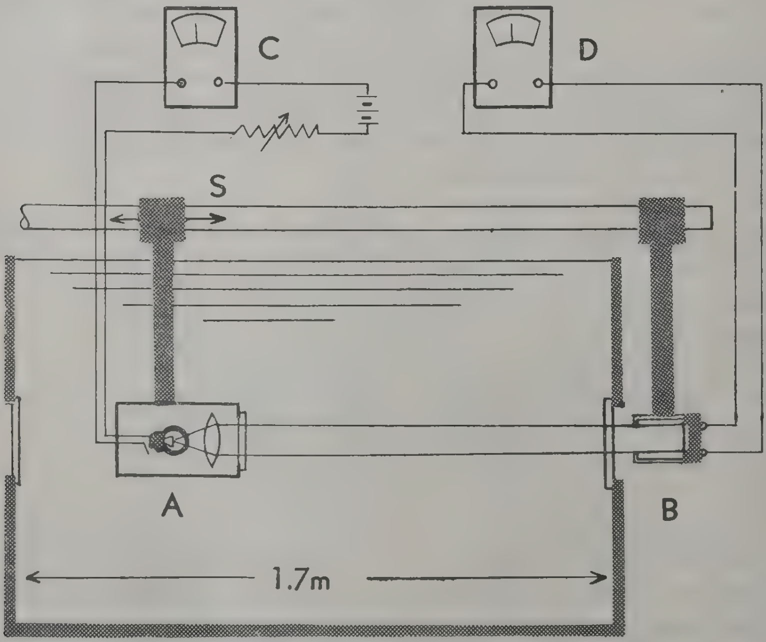


Fig. 6. Schematic diagram of the apparatus for calibration

quantity of turbidity. In the first idea, the behavior of the daylight under the sea surface is noticed and the extinction coefficient is defined as the measure of the turbidity of the sea water which affects the decrease of the submarine daylight. In the second one, a parallel light beam from an artificial light source is used instead of the daylight and again the extinction coefficient is defined. The third idea is that the quantity of the suspended matter and its size distribution in the sea water are considered also to be the measure of the turbidity of the sea water. The principle of every method of measuring turbidity developed to date has originated from some one of these ideas. The herein descrided instrument is designed on the basis of the second idea and the indication of the meter is naturally to be calibrated to the extinction coefficient in the turbid water. The calibration was made in the tank of the laboratory. For that pursose an apparatus measuring the extinction cceffcient of the tank water was specially designed, the schematic diagram of which is shown in Fig. 6. In Fig. 6, A is a watertight box including a light source lamp and condenser lens, B is a photo-cell fixed on the outer side of the tank window, C is a light source circuit and D is a precision micro-ammeter indicating the photo-current of B. A is dipped in the tank water and brought nearer to the photo-meter B guided by tne sliding system S. Indications of the micro-ammeter are read at several values of the distance between A and B. Using these data and the Lambert,s law the extinction coefficient can be calculated. In Fig. 7 is shown the relation between the readings of the turbidity meter obtained in waters of several degrees of turbidity and the extinction coefficients of the same water obtained by the preceding method. The result shows that by the use of this turbidity-meter the extinction coefficient can be measured within the error of± 0.015 per meter. The calibration was made only within the range of 0.40-1.50 in the values of the extinction, because any more transparent water could not be prepared for the experiment of calibration. The calibration in a more transparent range is expected to be performed in the near future.

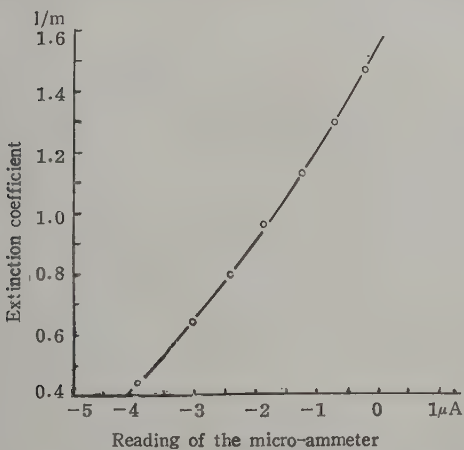


Fig. 7. Calibration curve of the turbidity-meter

The author wants to express hearty thanks to Professor Naoichi Inoue for his helpful guidance in this work.

References

Atkins, W. R. G., Clarke, G. L., Pettersson, H., Poole, H. H., Utterback, C. L. & Angström, A. (1938). *Conseil Perm. Internat. P. l' Explor. de la Mer, Journal du Conseil*, 13.

Fukuda, M., Inoue, N. & Nishizawa, S. (1954). *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 5. (in Japanese with English abstract).

Jerlov, N. G. (1953). *Rep. Swed. Deep-Sea Exp.* 3 (Phys. & Chem. 3).

Joseph, J. (1949). *Dtsch. Hydrogr. Z.* 2.

Pettersson, H. (1936). *Rapp. et Proc.-Verb.* 101.

Powell, W. M. & Clark, G. L. (1936). *J. Opt. Soc. Amer.* 26.

Utterback, C. L. & Higgs, P. M. (1938). *J. Opt. Soc. Amer.* 28.

Young, R. T. (1942). *J. Mar. Res.* 5.

イカ完全利用に関する研究
第16報 スルメ製造に関する研究
(其の八) スルメ製造中に生成されるアミン類について

谷川英一・元広輝重
(北海道大学水産学部水産食品製造学教室)

Studies on the Complete Utilization of Squid
(*Ommastrephes sloani pacificus*)
XVI. On the manufacture of dried squid meat
(8) Amines produced in dried squid meat

Eiichi TANIKAWA and Terushige MOTOHIRO

Abstract

A study was carried out on detection of amines in dried squid meat, ("Surume" in Japanese) which were graded into classes from the first to the fifth. The results obtained may be summarized as follows:

(1) The employment of fresh squid as raw materal (V.B.-N below 10 *mg%*), and rapid drying throughout the procedure make the dried squid product of the first class in which no other amines except trimethylamine were detectable. Under similar conditions, with the use of unfresh squid (V.B.-N 10 *mg%*～30 *mg%*) as raw material, and slow drying in rainy or wet weather, the dried squid product falls into the second to the fifth class; in such material trimethylamine, histamine, arcaine, putrescine, agmatine, cadaverine, and iso-amylamine were detected. These amines in the dried squid product also were revealed during the abnormal storing period with both high temp-erature and humidity.

(2) As the histamine level in dried squid meat is between 2.0 *mg%* and 4.2 *mg%*, food poisoning by histamine only is doubtful. But it is notable, as trimethylamine, agmatine and arcaine decrease the activity of the liver, the result is to prevent the detoxication of the histamine which is absorbed in the intestines.

(3) In the manufacturing of dried squid meat, it is desired to use the fresh squid as raw material, and to dry it rapidly as possible.

著者らは先にイカ肉の鮮度低下過程における有機塩基の消長を検索し，同時にマウスを試験動物として，これら鮮度の異るイカ肉を経口的に与え，また腹腔内注射を行いその鮮度低下したイカ肉による中毒症状を検し，ヒスタミンによる中毒に極めてよく類似することを報告した[1)2)]。さらに生鮮イカ肉を乾燥しスルメを製造する際，気象状況の変化によつて雨イカ，ムレイカの発生をみることがあり，このような場合のイカ肉の化学的変化についても研究し，雨イカ，ムレイカとなる過程で各種アミン類の産生されることを認めた[3)]。しかし最終製品であるスルメ中の有機塩基の種類及び含量についてはまだ明らかにされていない。

ここで水産物検査規格に従つて格付けされたスルメを用い，それに含有されるアミン類について研究した結果を報告する。

実験の部

（1） 材料：実験材料としたスルメは北海道水産物検査規格に従つて格付けされたものであり，1等品より5等品までのものを用いた。これらのスルメの状態は第1表に示した。

Table 1. The qualities of dried squid meat graded into the first to the fifth

Items \ Grades	1st	2nd A	2nd B	3rd	4th	5th
V.B.-N (*mg%*)	39.3	43.1	80.5	87.8	95.2	110.9
pH	6.5	6.9	7.0	7.0	7.0	7.2
Organoleptic inspection	Good	Good	Darkening of the color of meat.	Similar as 2nd (B).	Similar as 3rd in color intensity of meat.	Similar as 4th. Mold on the surface of the meat.
Freshness of raw material* (V.B.-N)	10 *mg%*	10〜20 *mg%*		20〜30*mg%*	30〜40*mg%*	40〜50*mg%*

* Calculated from the result in previous report[3] of this series.

即ち1等品は鮮度良好な生鮮イカを用い，晴天時に速かに乾燥したものであり，品質は極めて良好であつた。2等品は1等品よりやゝ鮮度低下したイカ肉を用いて製造したものであるが，その品質は同一に格付けされたに拘らず1等品と殆んど変らないものがある反面，3等品と同じような劣つた製品も見受けられた。これらの品質の劣つた製品は概してスルメを束ねたものの内部に多く認められた。そこで実験材料としては1等品乃至5等品を用いたが，2等品の中品質良好なものを（A），明らかに見劣りするものを（B）として用いた。3等品は可成り鮮度低下したイカ肉を用いたか，或は乾燥中雨天に遭遇したものであり，その外観は前記製品に比して劣つている。4等品及び5等品は明らかにムレイカ，雨イカの状態を呈し，肉質は薄く，外観は見劣りする。特に5等品にあつては表面にカビ[4]の発生が著しい。

（2） 材料の調製：上記の各等級別スルメの胴肉部のみを細砕し，試料瓶中に貯え，実験の都度取り出して試料とした。

（3） 測定項目及び方法

（i） 揮発性塩基窒素量（V.B.-N）は Conway の微量拡散吸収法[5]により測定した。即ち検測皿の内室に田代氏指示薬を加えた硼酸緩衝液を入れ，外室にスルメ細砕肉の10倍浸出液と飽和炭酸カリ溶液を加え密閉して37°Cの孵卵器内に40分間放置してのち，内室中の硼酸緩衝液に吸収させた揮発性塩基を$^{N}/_{100}$塩酸で滴定した。

（ii） トリメチルアミン（T.M.A）及びトリメチルアミノオキサイド（T.M.A.O）は Conway の微量拡散吸収法により定量した[6]。まず T.M.A. は V.B.-N 測定と同様にスルメ細砕肉の10倍浸出液を作り，この1*cc.* と10%フォルムアルデヒド1*cc.* を外室に入れ，内室に田代氏指示薬を加えた$^{N}/_{50}$硫酸を注入したのち，外室に飽和炭酸カリ溶液1*cc.* を加え，密閉して36°Cに2時間放置し内室中の規定酸に吸収された T.M.A. を$^{N}/_{70}$水酸化バリウム溶液で滴定した。

T.M.A.O. はスルメの10倍浸出液をフラスコに移し，1*g*のデバルタ合金と6N塩酸2*cc.* を添加する。このフラスコを沸騰湯浴中に15分間浸漬する。冷却後 T.M.A. 測定と同様に操作し，全 T.M.A. 量を求める。この値から最初の T.M.A. 量を減じた値が T.M.A.O. 量となる。

（iii） ヒスタミンの検出は一次元ペーパー・クロマトグラフィーによつた[7]。まずスルメ細砕肉の10倍浸出液を作り，濃塩酸を滴下して pH. 3.0 以下となし，一夜放置した後濾過し，濾液を減圧濃縮して褐色，粘調性のある溶液を得た。これを磁製皿に移し湯浴上でほとんど乾固するまで濃縮し，残渣に水を加えて後1*cc.*

とした。これをペーパー・クロマトグラフィーの供試料とした。ペーパー・クロマトグラフィーには展開剤として10%アンモニア水飽和 n- ブタノールを用い常法に従つて一次元上昇展開し，展開後は濾紙を風乾して浸透しているアンモニアを除きジアゾ試薬を噴霧して顕色した。

（iv）揮発性アミン類の検出はヒスタミンの検出と同様に一次元ペーパー・クロマトグラフィーによつた。即ちスルメの10倍浸出液に10%苛性ソーダを加えて水蒸気蒸溜し，溜出液を塩酸溶液中に受け，蒸溜後溜出液を磁製皿に移して湯浴上で加熱し濃縮し，更に塩酸を除き少量の水を加えて供試液を調製した。展開剤にはn-ブタノール：酢酸：水（4：1：2）を用い，展開後顕色は0.1%ニンヒドリンn-ブタノール溶液で行つた。

（v）ヒスタミンの定量は宮木・林[8]らの方法によつた。即ちスルメの10倍浸出液を濃縮し，正確に0.5*cc.*としたものを供試液として調製した。また0.7×40*cm.* の濾紙（東洋濾紙 No.50）を作り，一端より 5.0*cm.* と5.7*cm.* の間に供試液0.03*cc.* を毛細管によつて均一に附け，10%アンモニア水飽和 n-ブタノール溶液で一次元上昇展開させジアゾ試薬で発色させ発色帯の長さを予め作製してある標準直線より図表計算した。標準直線はヒスタミン・二塩酸塩の10,5.0,2.5*mg*%溶液を上記と同様の濾紙片に着け展開後発色させ縦軸に発色帯の長さの対数，横軸に濃度の対数をとりこれらの各点を連結して作製した。

実 験 結 果

各等級別のスルメに含有されるジアゾ反応性物質を第1図に示した。第1図によれば1等品及び2等品(A)はヒスチジンとチロシンの色斑が認められるのみであるが，2等品(B)以下5等品までの各試料にはヒスチジン，チロシンの外に明らかにヒスタミンの生成していることが認められる。これを第1表の結果と比較するに2等品(B)以下のスルメでは可成り多量の V.B.-N を含有し肉質の分解の進行していることが判るので当然のことと考えられる。

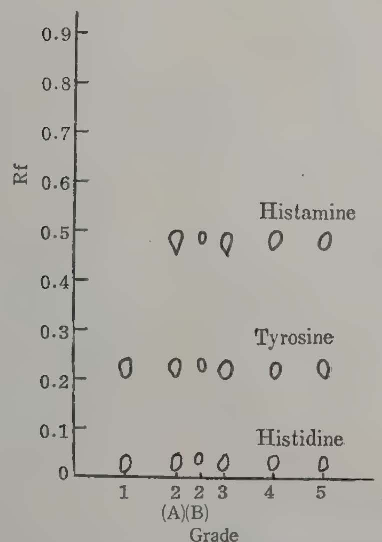


Fig. 1. Diazo reaction positive substances in dried squid meat graded into the first to the fifth

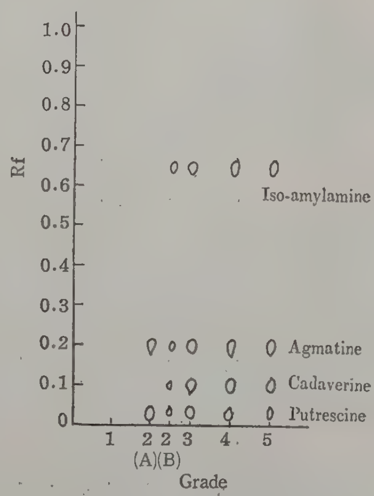


Fig. 2. Volatile bases in dried squid meat graded into the first to the fifth

また第2図には揮発性アミン類を示した。第2図より明らかなように1等品には揮発性アミン類（トリメチルアミンを除く）が認められなかつたが2等品（A）ではアルカイン，プゥトレッシンが検出され2等品（B）以下では更にカダベリン，イソ・アミルアミンが検出されている。この結果によつても2等品以下のスルメは等級の下るに従つて肉質の損われていることが判る。

第1図及び第2図において同じように2等品として格付けされたスルメにあつても試料の種類によつて検出される有機塩基に差異のあることが注目される。このように差異を生じた理由として第一に原料イカの鮮度の差異による場合が考えられ，第二にスルメ製造中の製造条件の差異，第三にスルメ製品貯蔵中の状態の差異による場合が考えられる。第一の理由に対しては既に著者ら[6]は正常な状況の下で乾燥製了しても2等品として格付けされるスルメはその原料の鮮度低下が原因となることを明らかにし，V.B.-N量として10*mg*%～20*mg*% の鮮度のイカをスルメとすれば2等品となることを知つた。このことは可成り鮮度の異つた原料を使用しても2等品として格付けされるには支障ないことを意味している。従つて10*mg*%近辺及び20*mg*%程度のイカ肉とでは検出される有機塩基の種類が異つているのは当然と考えられる。また第二のスルメ製造中の製造条件の差異についても既に明らかなようにスルメ製造中に降雨によつて雨イカとなり，または高温多湿によりムレイカとなつたものでは正常に乾燥製了した場合に比して著しく肉質が悪変し，多種類の有機塩基が検出されることを認めている。第三の理由の考慮される由因は試料としたスルメの中，ヒスタミン及びその他の有機塩基の検出されたものは同一のスルメ束の内部にあり，検出されなかつたものはスルメ束の外側にあつたものであつて，このことよりスルメ貯蔵中に内部では醗蒸されて肉質の分解が進行し，多種類に亘る有機塩基が検出されたと考えられるからである。この点を検討するため最初にヒスタミン及びその他の有機塩基の出現していないスルメ（第1等品）束の外側にあつたものを各種温度及び湿度の下に放置し一定日数の経過後ジアゾ反応陽性物質発現の状態を検索した。その結果は第2表に示した。

Table 2. Diazo reaction positive substances in the first class of the dried squid during storing at various temperatures and humidities

Temperature \ Relative humidity (%)	Days	90	80	70	60
35° ± 2°C	10	(1) (2) (4)	(1) (2) (4)	——	None
	20	(1) (2) (3) (4)	(1) (2) (4)	(1) (2)	None
	30	(1) (2) (3) (4)	(1) (2) (3) (4)	(1) (2)	None
25° ± 2°C	10	(1) (2) (4)	(1) (2) (4)	None	None
	20	(1) (2) (4)	(1) (2) (4)	None	None
	30	(1) (2) (3) (4)	(1) (2) (4)	None	None
10° ± 2°C	10	(1) (2) (4)	(1) (2)	None	None
	20	(1) (2) (4)	(1) (2)	None	None
	30	(1) (2) (4)	(1) (2)	None	None

(1) Histidine, (2) Tyrosine, (3) Imidazol acetic acid, (4) Histamine.

第2表をみるに乾燥状態に放置したスルメは温度とは関係なく，肉質の分解は認められない。しかるに放置中の湿度が高くなり80%以上となると温度が上昇するに従つてスルメ肉質のムレの程度も顕著となり，湿度80%では 25°C 以上の温度では10日間以上放置するとヒスタミンの生成が認められる。このように高温多

湿の条件下でスルメを貯蔵することは明らかに肉質の分解を招く結果となるので貯蔵時にあつてはこの点を注意しなければならない。

以上の結果から全くヒスタミンの発現していないスルメでもその貯蔵条件の如何によつては漸次産生されるのであるが，実際にスルメ製品を貯蔵するに当つて80%以上の高湿度で長期間放置されることは殆んど考えられない。それ故，2等品として格付けされたスルメ束の内部のものに検出されたヒスタミンは前記のように寧ろ極めて鮮度低下した原料を用いたか或はスルメ製造中に降雨などに遭遇したため生じたものと解される。

スルメに検出されるヒスタミンは肉質の分解によつて生ずるのであるから，生鮮イカからスルメとなるまでに種々異つた肉質の分解をうけ，これによつて格付けされる等級別のスルメでは当然その含量が異つていると考えられる。即ち2等品（B）以下5等品までのスルメに見出されたヒスタミン量は恐らく同一量ではなく，等級の下るもの程多量に含まれ，同じ等級品でも部位によつて含量が異るのではないかと考えられるので，この点を吟味するため各等級別及び部位別にヒスタミン含量を定量した。得られた結果は第3表に示した。

Table 3. Histamine contents in the various grade of dried squid meat (*mg%*)

Parts of squid \ Grades	1 st	2 nd		3 rd	4 th	5 th
		A	B			
Body	0.0	2.0	3.0	3.3	4.2	3.8
Foot	0.0	1.8	3.0	2.9	4.0	4.0
Fin	0.2	2.0	2.8	3.2	4.1	4.0

第3表をみるに予期したように2等品（B），3等品，4等品の順にヒスタミン量は増加しているが，5等品は4等品と著しい差異は認められなかつた。このことより劣等品となる程，ヒスタミン量の多いことが判るが4等品と5等品は外観上の差異は判然としているに拘わらず，肉質は同程度に分解されているものと考えられる。また部位別にみたヒスタミン含量は同程度であつて部位によるヒスタミン量の差異は認められなかつた。

ここで先に著者ら[1 2)]により考察されたように食中毒との関係を吟味するにスルメ中のヒスタミンは腸管より吸収されると考えられる。即ち本多[10)],森田[11)]は小腸及び大腸からのヒスタミンの吸収を詳細に研究し，大腸では殆んど吸収されないが，胆汁，塩化カルシウム，Levulose の共存及び温度上昇（31°～32.5°C）により吸収が促進されると述べ，小腸においてはヒスタミン単独で吸収され，更に胆汁，塩化カルシウムがあれば一層吸収が促進され，温度の上昇，腸管内が酸性の場合にも吸収が著しいことをみている。しかし家兎に対して中毒症状を発症させるに要するヒスタミン量は30*mg*以上であり，また Koesler 及び Hanke[12)]はヒスタミンが腸管壁を通過することにより解毒されるため中毒症状を惹起させるには更に大量のヒスタミンを要するという。これらの結果からすればスルメ中に含まれるヒスタミン量だけでは中症状を発症させるには至らないと考えられる。

しかし，イカ肉の鮮度低下過程ではヒスタミンの外にトリメチルアミン，アルカイン，チラミン，プゥトレッシン，アグマチン，カダベリン，β-フェネチルアミン，イソ・アミルアミンなどの多種類の有機塩基が生成する[3)]ので，これらとヒスタミンとの関係を検討する必要がある。即ち宮本，林[13)]らはブタ腎ヒスタミナーゼのヒスタミン分解に対してプゥトレッシン，カダベリン，メチルグアニジン，アルカイン，アグマチン，γ-アミノ酪酸が強い阻害作用を有し，また高橋ら[14)]もアグマチンを長期間投与されたマウスの腎ヒスタミナ

ーゼはヒスタミンの分解に障害をうけることを報告している。三沢[15]らは食餌中にトリメチルアミン，ヒスタミン，コリン，ノイリンなどが含まれる場合，アレルギー体質患者にアレルギー反応と同一の発症をみることを指摘し，これらの有機塩基を**仮性アレルゲン**と称している。

このようにイカ肉中に含有される各種有機塩は食中毒とは密接な関係を有しているように考えられるので，一般に軟体動物に多量含有されるといわれるトリメチルアミンを対象として各等級別のスルメについてその含有量を測定した。得られた結果は第4表に示した。

Table 4. Trimethylamine (T. M. A.) and trimethylaminoxide (T. M. A. O.) contents in the various grade of dried squid meat (*mg%*)

Items	Parts \ Grades	1st	2nd A	2nd B	3rd	4th	5th
T. M. A. (*mg%*)	Body	10.0	12.0	20.5	23.5	35.5	24.0
	Foot	9.5	10.5	18.5	20.5	27.0	23.0
	Fin	9.5	13.0	18.5	25.0	30.0	23.0
T.M.A.O. (*mg%*)	Body	308.5	300.5	300.5	200.5	181.0	130.0
	Foot	265.5	270.0	250.0	243.0	162.0	155.5
	Fin	280.0	275.5	267.0	229.5	180.5	161.5

第4表より明らかなように各等級別のスルメにはトリメチルアミンが含有され，その含有量と等級との間には量的な差が認められた。即ち1等品から5等品に至るスルメ胴部のトリメチルアミン含有量は1等品では10.0*mg*, 2等品（A）では12.0*mg*, 2等品（B）は20.5*mg*, 3等品は23.5*mg*, 4等品は35.5*mg*, 5等品は24.0*mg* で等級の低下するに従つて含有量が多くなつている。これはスルメ等級の低下に伴つてその肉質の分解程度を示すものと考えられ吉村[16]らの結果と略々一致している。またV.B.-N量の約25%を占めていることも判るが，この結果は宮木，安藤[17]らがハマグリについて得た結果とも大体一致している。

原料イカよりスルメ製品となるまでの有機塩基の消長を一括して表示すれば第5表のようになる。

第5表にみられるように新鮮原料を用いて順調に乾燥し製品としたスルメは1等品となり，製造過程においても製品となした後でも多くの有機塩基は認められないが，原料の鮮度低下したもの，スルメ製造中に降雨に遭遇したもの（2等品～5等品）などでは多くの有機塩基が発現している。これら有機塩基は質ならびに量共に製品検査の結果格落ちしたものほど多くなる傾向があり，従つてスルメ製造にあたつて新鮮原料の使用及び速かな乾燥に留意すべきであろう。

また前述のように食中毒原因と関連して，スルメ中にはヒスタミンの外にアグマチン，トリメチルアミンアルカイン，プゥトレッシンなどの有機塩基が含まれ，これらは所謂仮性アレルゲンとして直接食中毒発症の因子となると同時に肝機能を低下させ，解毒を障害するので間接的な原因ともなり得ることが注目されるのである。

考　察

著者らの実験結果によれば生鮮イカ肉を放置し，鮮度低下したものにあつてはアルカイン，プゥトレッシンアグマチン，トリメチルアミン，ヒスタミン，チラミン，カダベリンなどの有機塩基が生成し，従つてこのような鮮度低下したイカ肉を乾燥しスルメを製造すればこれらの有機塩基がスルメ中に含まれることは明らかである。しかし，一方たとえスルメ製造にあたつて新鮮な原料を用いたとしてもその製造工程の異常で雨

Table 5. Amines produced in squid meat in the process of drying

Squid	V.B.-N in raw squid (mg%) / Amines	0〜10	10〜20	20〜30	30〜40	40〜50
Raw material	Trimethylamine	+	+	+	+	+
	Arcaine	−	+	+	+	+
	Histamine	−	−	+	+	+
	Agmatine	−	−	−	+	+
	Tyramine	−	−	−	+	+
	Putrescine	−	−	−	+	+
	Cadaverine	−	−	−	+	+
	iso-Amylamine	−	−	−	+	+
Process of drying (after 5 days drying)	Trimethylamine	+	+	+	+	+
	Arcaine	−	+	+	+	+
	Histamine	−	−	+	+	+
	Agmatine	−	−	+	+	+
	Tyramine	−	−	+	+	+
	Putrescine	−	+	+	+	+
	Cadaverine	−	−	+	+	+
	iso-Amylamine	−	−	+	+	+
		1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th
Dried squid product	Trimethylamine	+	+	+	+	+
	Arcaine	−	+	+	+	+
	Histamine	−	+	+	+	+
	Agmatine	−	+	+	+	−
	Tyramine	−	−（?）	−（?）	−（?）	+（?）
	Putrescine	−	+	+	+	+
	Cadaverine	−	−	+	+	+
	iso-Amylamine	−	−	+	+	+

イカまたはムレイカとなつたもの乃至は製品貯蔵中高温高湿となつた場合には肉質の分解を余儀なくされ，各種有機塩基が製品中に含まれることも明らかとなつた。この事実からスルメ製造に際しては新鮮原料の使用，正常な製造条件，低温低湿度の製品貯蔵が要望されるのである。

ここでイカ食中毒を考察する場合に重要なことは，各種有機塩基のそれぞれ独立した発症上の意義を考察し，結論することには疑問があろう。即ちアレルギー様症状を生起させるものの本体がヒスタミンであり，それがスルメの中に極めて少量しか存在しないため食中毒の原因とはなり得ないとする考えもあるが，スルメの中には多量のトリメチルアミンが含まれ，またプゥトレッシン，アグマチンなども含まれるので，前記のようにこれらがヒスタミンと協働して食中毒を発症する場合も予想されるのである。このことは新潟県下におけるイカによる食中毒について有害物質に関する研究[18]を行つた結果によつても認められる。イカ細砕肉に *Proteus morganii* を接種すると極めて強い毒性物質が得られ，同様に *Proteus vurgalis* を接種すると板状微細結晶，ピクリン酸塩の融点135°〜138°C の有機塩基が得られ，またイカの臓器中には腹痛，嘔吐の症状を起すセロトニン（5-ハイドロオキシプタミン）が広く分布することが認められている。

また前述のように有機塩基が直接食中毒の成因となる以外に，それが特に肝機能に及ぼす影響を考慮しなければならない。高橋[19]らはイソ・アミルアミン，チラミン，ヒスタミン，プゥトレッシンなどがマウス肝細胞に変性をもたらし，特にその周辺部に強く発現することを認め，高橋[19]らは腸管に由来する有機塩基による肝機能低下，続いて大循環への有機塩基の侵入という経路において，これらの役割を重要視している。

何れにせよイカ肉に蓄積された有機塩基はたとえ少量であるにしてもスルメとして製品にした場合は相当著量に濃縮されているのであつて，イカ食中毒の直接，間接の原因となり得る量の有害アミンの存在を無視することは出来ない。それ故本実験の結果からも明らかなように検査において3等以下となつたような品質低下したスルメの摂食にあたつては注意を要するであろう。更にスルメ製造時における雨イカ，ムレイカの生産は可及的避けるべきである。なお，スルメの声価を維持するには現在のように2等品の検査基準を巾広くせず，もう少し厳重にすべきであろう。

要約

スルメ検査規格により格付けされた1等品より5等品までの製品中に含まれる有機塩基を検索し，イカ中毒の観点から論議した。それを要約すると次のようになる。

(1) 新鮮原料（V.B.-N量として10*mg*%以下）を使用し，迅速に乾燥したスルメは1等品となり，その中にはトリメチルアミン以外の有機塩基は認められない。また鮮度低下した原料（V.B.-Nとして10〜30*mg*%）を用いたスルメにはトリメチルアミン，ヒスタミン，アルカイン，プゥトレッシン，アグマチンが検出され，雨イカ，ムレイカとなると更にカダベリン，イソ・アミルアミンが検出される。また良製品でも貯蔵中高温高湿であると上記の各種有機塩基が出現する。

(2) ヒスタミン量は2.0〜4.2*mg*%程度で単独には食中毒原因となる量ではないが，トリメチルアミン，アグマチン，アルカインなどはヒスタミンの腸管内吸収による解毒を障害するから留意すべきである。

本研究費の一部は北海道科学研究費補助金によつた。記して感謝の意を表する。

文献

1) 元広・谷川 (1952). 北大水産彙報 3(2), 142—153.
2) ———— (1952). 同 誌 3(2), 154—174.
3) 谷川外 (1956). 同 誌 7(2), 172—184.
4) 谷川・打田 (1954). 蛋白研究班研究報告 (3). 68—76.
5) 石坂 (1952). 微量拡散分析及び誤差論. 83p. 東京；南江堂.
6) M. Asano & H. Sato (1954). *Tohoku. J. of Agr. Research.* 5(3), 191—195.
7) 佐竹 (1953). 標準生化学実験. 625p. 東京；文光堂.
8) K. Miyaki, K. Satake &. M. Hayashi (1951). *J. of the Pharm. Soc. of Japan.* 71(4). 249—256.
9) 谷川外 (1956). 北大水産彙報 7(2), 165—171.
10) 本田 (1954). 昭和医 14, 42—62.
11) 森田 (1954). 同 誌 14, 63—83.
12) K. K. Koesler &. M. T. Hanke (1924). *J. Biol. Chem.* 59, 889.
13) 宮木・林 (1955). *Pharm. Bull.* 3, 17.
14) 高橋 (1954). 綜合医学 10, 14.
15) 三沢 (1952). アレルギー 1 (1), 9.
16) 吉村 (1955). 蛋白研究班研究報告 (4), 83—86.
17) 宮木・安藤 (1957). 千葉大腐敗研報告 7, 89—91.
18) 平山 (1957). 食品衛生研究 7 (9), 22—25.
19) 高橋 (1955). 最近医学 10, 32.

紅藻の色素蛋白質に関する研究

第2報 フィコエリスリン及びフィコシアニンの塩酸による可視部吸収スペクトルの影響

五十嵐久尙・細谷勇治
（北海道大学水產学部水產化学教室）

Studies on Chromoproteins of Red Algae

II. On the effects of hydrochloric acid upon the absorption spectra of phyccerythrin and phycocyanin

Hisanao IGARASHI and Yūzi HOSOYA

Abstract

The authors studied the effects of several HCl concentrations upon the visible absorption spectra of phycoerythrin and phycocyanin.

After HCl hydrolysis some differences could be found between the phycoerythrins from *Laurencia glandulifera* and *Neodilsea yendoana*.

Phycoerythrin and phycocyanin have changed into the same absorption spectra with 35% HCl at 80°C. after a half hour.

緒　言

フィコエリスリン及びフィコシアニンは，その試料によつて多少差異はあるが，夫々特有の吸収スペクトルを示す。この吸収スペクトルの特徴は，暗所冷温で長期間変化せず，比較的安定している。Lemberg[1)2)]によると，之等の色素蛋白質の色素部と蛋白部の結合は，ヘモクロビンの場合より強い結合力を示し，ペプチィド型の結合をしているのではないかと推定されているが，色素部を蛋白部から分離する際，酸・アルカリ・酵素等の影響によつて，可視部吸収スペクトルに変化を生ずることを認めている。之等の吸収スペクトルの変化と色素成分との関連性は，甚だ興味ある問題であるので，著者等は各種濃度の塩酸を作用させて，その温度及び時間の差による可視部吸収スペクトルの変化について実験を行つた。

実　験

試料として，前報[3)]の如く硫安による分別沈澱法を用いて精製分離したアカバ（*Neodilsea yendoana*）より得られた 490，540，570mμ に夫々吸収 max. を有するフィコエリスリンと，560，610mμ に夫々吸収 max. を有するフィコシアニン及びオオソゾ（*Laurencia glandulifera*）より得られた 495，545，565mμ 夫々吸収 max. を有するフィコエリスリンを用いた。

各試料1g をとり，3.5%，10%及び35%HCl を夫々50cc 宛加え，窒素気流中で逆流冷却器を附して加熱後，直ちにベックマン光電光度計を用いて，その可視部吸収スペクトルを測定した。加熱処理は 20°Cで 24時間，80°Cの比較的高温度では5分，30分の短時間行つた。

実験結果竝に考察

各試料は夫々の加熱温度及び加熱時間によつて，異つた色調の変化が認められたが，その変化の状態は第

1，第2，第3表に表示した如くである。

Table 1. Changes of the color tone of phycoerythrin form *Neodilsea yendoana* with HCl

Temp. Time	HCl Concentration		
	3.5%	10%	35%
20°C 24hr.	conjugated ppt.	conjugated ppt.	reddish purple
80°C 5min.	conjugated ppt.	pale reddish purple	blue
80°C 30min.	conjugated ppt.	pale royal purple	bluish green

Table 2. Changes of the color tone of phycoerythrin from *Laurencia glandulifera* with HCl

Temp. Time	HCl Concentration		
	3.5%	10%	35%
20°C 24hr.	conjugated ppt.	pale red	deep reddish brown
80°C 5min.	reddish purple	pale brownish red	brownish purple
80°C 30min.	reddish purple	brownish purple	brownish green

Table 3. Changes of the color tone of phycocyanin from *Neodilsea yendoana* with HCl

Temp. Time	HCl Concentration		
	3.5%	10%	35%
20°C 24hr.	reddish purple	reddish purple	reddish purple
40°C 10min.	be empurpled	bluish purple	purplish blue
80°C 5min.	purplish red	royal pnrple	reddish blue
80°C 10min.	be empurpled	more bluish	greenish blue
80°C 30min.	more empurpled	reddish blue	deep bluish green

即ち，アカバとオオソゾより得た両フィコエリスリンを比較すると，各濃度HClで20°C,24時間及び80°C,5分及び30分加熱した場合，3.5% HCl処理に於いて，アカバでは何れも不溶性の凝固沈澱を生ずるが，オオソゾでは，80°Cに加熱すると，赤紫色の水溶性物質になる。また10%HClによる20°C,24時間処理に於いて，アカバでは不溶性の凝固沈澱を生ずるが，オオソゾでは，青赤色の水溶性物質に変化した。35%HClによる30分処理に於いて，アカバでは青緑色になるが，オオソゾでは褐緑色になる。

アカバより得たフィコシアニンでは，3.5%及び10% HCl処理により，赤色を帯びた物質に変化するが，35% HClにより80°C,30分処理した結果は，同じ試料より得たフィコエリスリンの場合と殆んど同様の青緑色を呈する物質になる。

之等の変化は，塩を形成する為でもあろうが，色素部と蛋白部の結合状態が変化することによる為であろうとも考えられる。即ち，HCl処理後の色素液を amylalcohol で抽出すると，青（緑）色のものは完全に溶出されるが，赤色のものは全く溶出されず，赤青色の場合は青色のもののみ溶出された。また色素液を中和し濾過後，8倍量の ethanol を加えると，赤（紫）色のものは，着色沈澱を生ずるが，青色のものは沈澱を

生じなかつた。

以上の結果の主な吸収曲線の変化を表示すると第1－5図の如くなる。

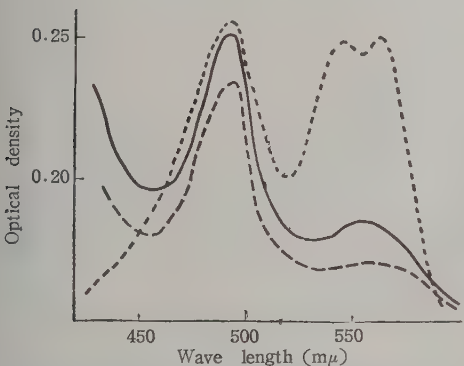


Fig. 1. Changes of absorption spectra of phycoerythrin from *Laurencia glandulifera* with HCl
┈┈ original —— 10%HCl, 80°C, 5min.
----- 3.5%HCl, 80°C

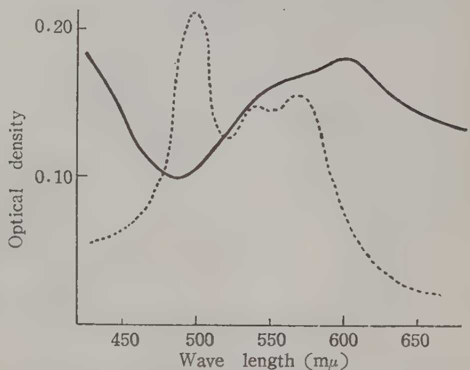


Fig. 2. Changes of absorption spectra of phycoerythrin from *Neodilsea yendoana* with HCl
┈┈ original —— 35%HCl, 80°C, 30min.

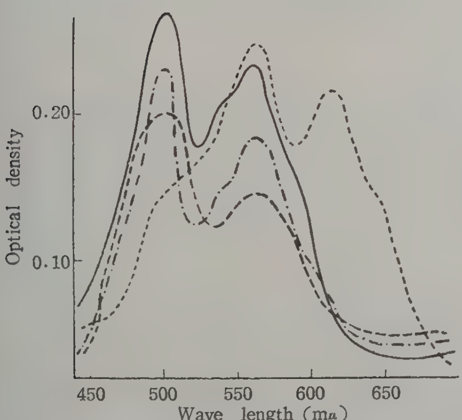


Fig. 3. Changes of absorption spectra of phycocyanin from *Neodilsea yendoana* with 3.5%HCl
┈┈ original —— 80°C, 30min.
----- 20°C, 24hr. -·-·- 80°C, 5min.

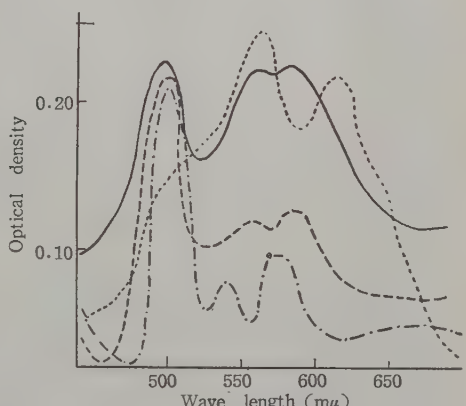


Fig. 4. Changes of absorption spectra of phycocyanin from *Neodilsea yendoana* with 10%HCl
┈┈ original —— 80°C, 30min.
----- 80°C, 5min. -·-·- 20°C, 24hr.

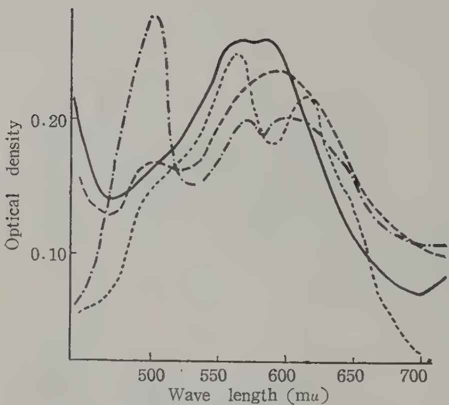


Fig. 5. Changes of absorption spectra of phycocyanin from *Neodilsea yendoana* with 35% HCl
original —— 80°C, 30min.
80°C, 5min. 20°C, 24hr.

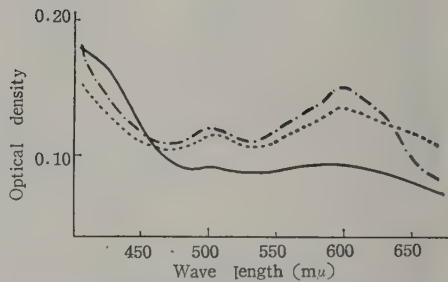


Fig. 6. Absorption spectra of amylalcohol fraction extracted from 35% HCl, 80°C, 30min. hydrolysate
—— phycoerythrin from *Laurencia glandulifera*
phycoerythrin from *Neodilsea yendoana*
phycocyanin from *Neodilsea yendoana*

即ち，オオソゾのフィコエリスリンでは，第1図の如く，3.5%，10%HClで処理したものは，545，560mμのmax. が殆んど消失して低い緩慢な曲線を示し，495mμの max. は殆んど変化はない。この色素は amylalcohol には抽出されない。35% HClで80°C，30分処理した場合は，水に不溶性の褐色の物質を生じ，濾液は淡黄色となり，このものは amylalcohol には不溶でであつた。

アカバのフィコエリスリンでは，3.5%，10% HCl で処理したものは，前記の如く色素は不溶性になり，35%，80°C，30分処理の場合は，第2図の如く，496mμの max.が消失し，600mμに緩慢な max.を生ずる。この様に，同じ赤色のフィコエリスリンでも異つた結果を示すが，このことがフィコシアニンと共存しているものと，そうでなく単独に存在しているものとの差異によつて生じたものであるか，または異る紅藻より得た色素は異つたスペクトルの変化を受けるものか論断は出来ないが，甚だ興味あることのように思われる。

アカバのフィコシアニンでは，3.5%HCl処理では，第3図の如く，610mμの max. を消失し，500mμに新たな max. を生ずる。560mμの max. は比較的安定であつた。10%HCl処理では，第4図の如く，何れの場合も500mμにmax. を生ずるが，20°C，24時間処理の場合は，540，580mμに新たな max. を生じ，80C°で5分処理した場合は，570，590mμに新たなmax.を生ずる。80°C，30分処理の場合は，570，590mμのmax. は変らないが，その吸収係数は5分の場合より遙かに大になる。35%HCl処理では，第5図の如く，20°C，24時間の場合は，500mμと567mμに max. を生ずる。80°C，5分の場合では500mμのmax. が甚だしく低くなり，590mμは緩慢なmax.を生じ，更に80°C，30分処理では，500mμのmax.は消失し，560，580mμに小さなmax.が認められた。

各試料を35% HCl で80°C. 30分処理後，amylalcohol で抽出して得た溶液の吸収スペクトルを第6図に示した。即ちオオソゾのフイコエリスリンより得たそれは，褐緑色を示し，特色ある max. を示さない。アカバの両色素より得たそれらは，共に青緑色に変化し僅かに500mμ及び610mμに小さな max. が認められた。

Lemberg[4]はフィコエリスリン及びフィコシアニンの HCl 分解により得られた色素部を，夫々フィコエリ

スロビリン，フィコシアノビリンと称し，前者は後者が還元されたものと同一であることを認めている。著者等の実験では，両色素を各種濃度のHClで処理した場合，夫々異つた吸収スペクトルの反応を示したが，HCl濃度，加熱温度加熱時間を夫々高めた場合（35%，80°C，30分）ほぼ同様の吸収スペクトルを示す物質に変化するという結果になつた。以上のことについては，更に変化生成物を分離確認して初めて断言出来るものといえよう。

要　　約

各種濃度のHCl処理によるフィコエリスリン，フィコシアニンの可視部吸収スペクトルに及ぼす影響を調べた。その結果，オオソゾとアカバより得たフィコエリスリンでは，その特有スペクトルはほぼ同じであるが，異なる影響を受けることが認められた。

また，フィコエリスリン，フィコシアニンは夫々異つた特有スペクトルを有しているが，35%HCl;80°C，30分処理により，ほぼ同様の吸収スペクトルを示す物質に変化した。

本研究は文部省科学研究費によつて行われた。

文　　献

1) Lemberg, R. (1928). *Ann. Chem.* 461, 46.
2) ―――――― (1930). *Ibid.* 477, 195.
3) 五十嵐・細谷 (1958). 北大水産彙報 8, 314.
4) Lemberg, R. (1933). *Ann. Chem.* 505, 151.

紅藻の色素蛋白質に関する研究

第3報 フィコエリスリンとフィコシアニンの紫外線及びペプシンによる可視部吸収スペクトルの影響

五十嵐久尚・細谷勇治
（北海道大学水産学部水産化学教室）

Studies on Chromoproteins of Red Algae

III. On the effects of ultraviolet rays and pepsin upon the absorption spectra of phycoerythrin and phycocyanin

Hisanao IGARASHI and Yūzi HOSOYA

Abstract

Observations were made on the effect of ultraviolet rays and pepsin hydrolysis upon the visible absorption spectra of phycoerythrin from *Laurencia glandulifera* and *Neodilsea yendoana*, and phycocyanin from the latter.

It was found that phycoerythrin from *Neodilsea yendoana* was caused to fade more rapidly than that from *Laurencia glandulifera* in the case of exposure to ultravilet rays.

As result of pepsin hydrolysis, phycoerythrin and phycocyanin showed the same absorption spectra with the sharp max. at 500mμ.

緒　　言

海水に於いては，一般に紅藻は緑藻や褐藻より深いところに生育しているといわれている。水による光の吸収は波長が大なるに従つて急激に増大するので，紅藻に含まれている色素蛋白質も，青色乃至紫外光線の影響を大きく受けていると思われる。分離精製した色素蛋白質の吸収スペクトルは，暗所に於いては非常に安定しているが，太陽光線を直射すると，容易に褪色する。之等のことより，2種の紅藻より分離精製した色素蛋白質の吸収スペクトルに対する紫外線の影響を調べた。また Lemberg[1], Kitazato[2] 等は，ペプシンを用いて色素部と蛋白部の結合を分離させる試みを行つているが，著者等もペプシンによる消化試験を行い，この結果生じた可視部吸収スペクトルの変化を検討したので，その結果を報告する。

実験並に結果・考察

試料として用いたものは，前報[3] 同様，硫安による塩析を繰返し，分精精製したアカバ（*Neodilsea yendoana*）より得たフィコエリスリンとフィコシアニン及びオオソゾ（*Laurencia glandulifera*）より得たフィコエリスリンである。

I　紫外線による影響

各試料の水溶液の濃度を正確に同一にすることが極めて困難であつたので，両フィコエリスリンについてはほぼ同量の試料をとり，同仕の水で溶解し，更に490，495mμ の max. の吸光係数が同一になるよう，濃度を調製した。またフィコシアニンは，その約0.03%溶液になるよう調製したものを用いた。

各調製液を夫々30cc宛広口秤量管にとり，人工太陽燈（100V　3A）を光源より13cm の距離で照射した。その結果，アカバより得たフィコシアニン及びオオソゾより得たフィコエリスリンでは，1時間30分の照

射により，螢光は全く消失し，色調はほぼ半減し，2時間30分では全く褪色し，僅かに白色の沈澱を生じた。

之に対して，アカバより得たフィコエリスリンの場合は，8分にて螢光は消失し，色調は半減し，30分で褪色し、白色沈澱を生じた。

之等の可視部吸収スペクトルの変化は第1～3図に示した。

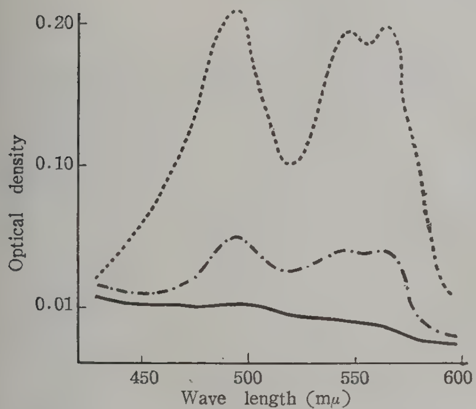


Fig. 1. Changes of absorption spectra of phycoerythrin from *Laurencia glandulifera* with ultraviolet rays
┈┈ original　—·— 1.5hr. illumination
—— 2.5hr. illumination

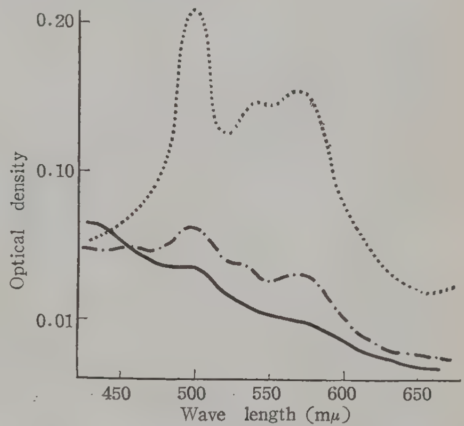


Fig. 2. Changes of absorption spectra of phycoerythrin from *Neodilsea yendoana* with ultraviolet rays
┈┈ original　—·— 8min. illumination
—— 30min. illumination

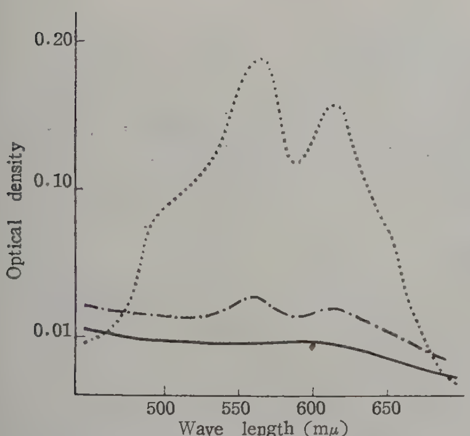


Fig. 3. Changes of absorption spectra of phycocyanin from *Neodilsea yendoana* with ultraviolet rays
┈┈ original　—·— 1.5hr. illumination
—— 2.5hr. illumination

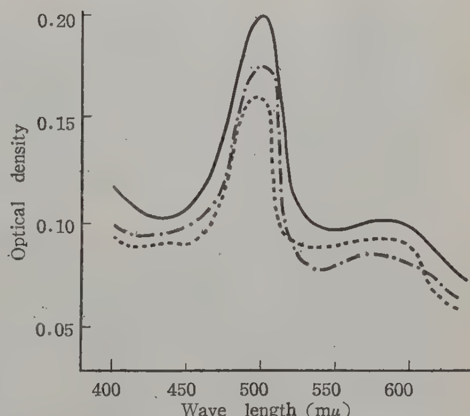


Fig. 4. Absorption spectra of chromoproteins changed by pepsin digestion
—— phycoerythrin from *Laurencia glandulifera*
┈┈ phycoerythrin from *Neodilsea yendoana*
—·— phycocyanin from *Neodilsea yendoana*

次に約1cm の厚さの硝子の蓋で溶液を蔽い，紫外線を防いで照射した結果，3時間後に於いても色調及び吸収スペクトルの変化は認められなかつた。

以上の如く，アカバのフィコエリスリンは，オオソゾのフィコエリスリンに比して，紫外線による影響が強いことが認められた。このことは，同じフィコエリスリンでも，アカバの如くフィコシアニンと共存するものと，オオソゾの如く単独に存在するものとの間に差異があるとも推定されるし，且また種類の異る紅藻から得たフィコエリスリンは紫外線に対する影響を異つて受けるものとも考えられる。

II　ペプシンによる影響

前記同様の試料を用いて，市販純品を二度再結したペプシンを用いて消化試験を行つた。

即ち，各試料共3%の水溶液100ccになし，これに10% HCl 3cc を加え，0.5g のペプシン($^{N}/_{20}$HCl 0.3 ccに溶解したもの）を，第1日目に0.2g，第3，5，7日目に夫々0.1g宛を加え，37°C で11日間暗所で保温した。その結果，各試料共よく種似した紫紅色の溶液になり，白色沈澱を得た。この沈澱物は大部分ペプシンのそれであると考えられるので，遠心分離して除去した。その上澄液の色素は amylalcohol には抽出されない。更に8倍量の ethanol を加えても着色沈澱物を生じなかつた。ここに得られた物質は，Lemberg[1]の云うように，完全に色素部と蛋白部が分離されたものではなくて，色素に peptide 様の物質か結合したものと思われる。

之等ペプシン消化生成物の可視部吸収スペクトルは，第4図に示す如く，すべて500mμに顕著な山を示す極めて類似した結果を示した。この結果は Lemberg[4]がフィコエリスリンより得たフィコエリスロビリンのそれとほぼ一致している。しかし Kitazato[2] はあまのり（*Porphyra tenera*）より得たフィコエリスリンとフィコシアニンにペプシンを作用させ，フィコエリスリンより赤紫色の色素として，フィコエリスロビリンを得，更にこれを酸分解して，フィコシアニンのペプシン消化によつて得たフィコシアノビリンと同一物を得たと報告している。ところが，著者等の以上の実験結果に於いて，何れの色素蛋白質もペプシンの作用により，異つた中間物質は得られないで，同一の吸収スペクトルを示す物質に変化することが認められたことは注目すべきことと考えられる。これについては今後の研究にまつべきであろう。

要　　約

オオソゾ及びアカバより得たフィコエリスリンとアカバより得たフィコシアニンに対する紫外線とペプシンの作用の可視部吸収スペクトルに及ぼす影響を調べた。

両フィコエリスリンは，紫外線により異なる影響を受けることが認められた。また各色素は，ペプシンの作用によつて，500mμ に鋭い max. を有する同様の吸収スペクトルを示す物質に変化した。

本研究は文部省科学研究費によつて行われた。

文　　献

1) Lemberg, R. (1930). *Ann. Chem.* 477, 195.
2) Kitazato, Z. (1925). *Acta. Phytochem.* 2, 274.
3) 五十嵐・細谷 (1958). 北大水産彙報 9, 81.
4) Lemberg, R. (1933). *Ann. Chem.* 505, 151.

EFFECTS OF X-IRRADIATION UPON RAINBOW TROUT (*SALMO IRIDEUS*)

III. Ovary Growth in the Stages of Fry and Fingerling*

Shinjiro KOBAYASHI and Matahei MOGAMI
Faculty of Fisheries, Hokkaido University

There have been published numerous papers on the effects of the various kinds of radiations upon the ovary in a number of species of animals. It has generally been accepted that, in comparison with other organs, the ovary is highly sensitive to the radiations.[1] A few studies have also been reported on the effects of X-irradiation upon the ovary in the salmonid fishes as noted in the paper of Welander *et al*.[2] However, most of these studies were made on irradiated fishes reared for a relatively short period. From the biological and fisheries standpoints the authors have been of opinion that it is important to study in what manner an ovary injured by a low but effective dosage of radiation may develop throughout the whole course of the fish's life and whether such an ovary has any hereditary influence on the descendants. To clarify such effects, rainbow trout fry exposed to X-ray have been reared, and a few studies related to this problem have already been reported.[3,4] In the course of the present study, the growth of the ovary in both control and irradiated fishes was measured. A histopathological analysis of them is in progress, but only the study made concerning the growth of the ovary in the fishes is presented in this paper.

MATERIALS AND METHODS

A detailed description of the fishes used and the irradiation procedure have already been presented in the preceding papers.[3,4] Briefly speaking, the fishes used were 2550 in number which were artificially fertilized on January 23, 1956 and hatched on March 31, 1956 ; the exposure of fry to X-ray of 100r and 500r was made on August 10, 1956 ; the body length and weight of 12 fishes sampled at random at the time of irradiation were respectively 4.2–7.2 cm and 1.3–3.5 g on average.

After irradiation the three groups of fishes, the control, the 100r and the 500r, were reared separately ; about 15 – 50 fishes of each group were sampled at given intervals for the present experiment and also for the other purposes in this series of studies.

The ovaries of both sides were sampled, and the weight and length of each side one were measured respectively ; the weight was obtained by use of a torsion balance. Although in most cases the ovaries of both sides were different in weight and also in length from each other even in the same fish, the measurements of the right side one only were used to analyze their growth throughout the present experiment. The values of the relative weight and length of the ovary and of the coefficient of fatness of the fishes

* Supported by a grant-in-aid for Cooperative Scientific Research from the Ministry of Education.

indicated in the present paper were calculated from the following formulae: relative weight of ovary = ovary weight (mg) / body weight (g) × 10; relative length of ovary = ovary length (mm) / body length (mm) × 100; coefficient of fatness = body weight (g) / body length (cm)^3 × 1000.

Sex-ratio of the fishes sampled at each time was not always the same. As the fishes examined were sometimes biassed in number to male, the number of ovaries available for the measurements was often too small to enable one to analyze the significancy of difference between the control and irradiated fishes. Under these circumstances, the statistical test was made on the data of a convenient period which summed up the measurements of the neighbouring 2 or 3 sampling times to increase the reliability of significancy.

RESULTS

The ovary weight was measured first on the 110th day after irradiation at which time the sexes of the gonad in fry became easy to discriminate and also the gonad was easy to weigh. The ovary length was measured first on the 20th day. The ovary growth

Table 1. Seasonal changes in the relative weight of the ovary (mean ± standard error of the mean), ovary weight and body weight in the rainbow trout fry and fingerling

Group	OW mg	BW g	OW/BW×100	t	P[2]
Nov. 28 – Dec. 24					
Control	12.0–20.0	10.5–37.2	8.7±0.74 (15)[1]	1.78	<0.1
100r	13.0–47.0	10.0–75.5	7.2±0.40 (14)	4.33	<0.001
500r	4.0–19.0	9.5–37.0	5.1±0.39 (15)	3.81	<0.001
Jan. 23 – March 7					
Control	15.0–34.0	12.5–50.5	9.5±0.83 (11)	0.51	>0.5
100r	16.5–36.0	17.0–55.0	9.0±0.53 (16)	2.91	<0.01
500r	10.0–33.0	14.0–70.0	6.5±0.61 (15)	3.21	<0.005
May 10 – June 21					
Control	28.0–56.0	26.0– 71.0	9.4±0.44 (13)	0.14	>0.5
100r	25.0–72.0	27.0–113.0	9.3±0.52 (15)	3.60	<0.005
500r	9.0–53.0	29.0– 92.0	7.2±0.43 (20)	3,13	<0.005

(1) Figures in the parentheses indicate the number of ovaries measured.

(2) Probability was calculated from the table of Student's t, using the equations: $t = m_1 - m_2 / \sqrt{SE_1^2 + SE_2^2}$ and $n = (n_1 - 1) + (n_2 - 1)$, where m_1 and m_2 represent the two means, SE_1 and SE_2 the two standard errors, and n_1 and n_2 are the number of ovaries from which the respective means are obtained.

thus measured was analyzed in connection with the coefficient of fatness of the fishes sampled in each period.

Relative weight of ovary Fig. 1 and Table 1 show the changes of the relative weight of the ovary in each group in the seasons from the early winter to the early summer of the next year. In the period from the 110th to the 136th day after irradiation, the difference between the control and 500r groups and also that between the 100r and 500r groups are both highly significant, showing $P < 0.001$ respectively. The difference

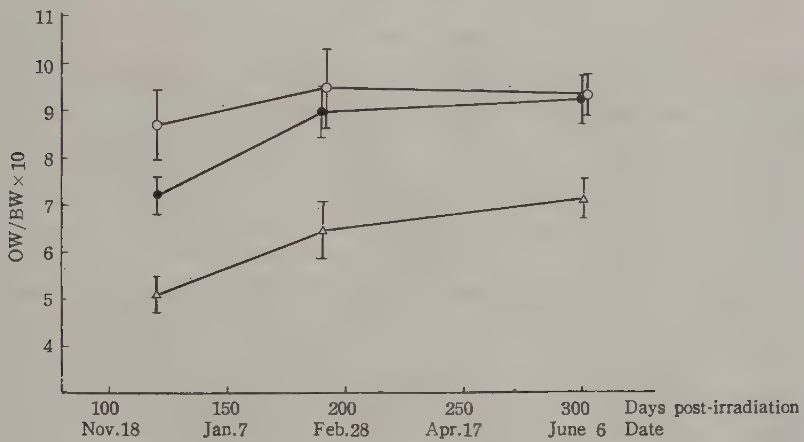


Fig. 1. Seasonal changes in the relative weight of the ovary in the rainbow trout fry and fingerling
Each bar indicates the standard error of the mean ; ○ control, ● 100r and △ 500r

between the control and 100r groups is probably non-significant ($P < 0.1$). In the period from the 166th to the 209th day, no significant difference of the relative weight of the ovary is found between the control and 100r groups, while the differences between the 500r and each of the above cited two groups are both highly significant ($P < 0.01$ and $P < 0.005$). Such a retardation of the ovary growth in the 500r group is found to continue even in the period from the 273rd to the 315th day after the exposure of X-ray. It indicates a striking recovery that the relative weight of the ovary in the 100r group attained enough the control level by the period from the 166th to the 209th day after irradiation.

Relative length of ovary It is presumable from the results shown in Fig. 2 and Table 2 that in the seasons of the autumn and winter no increase of the ovary length is found in proportion to that of the body length. However, it appears that the ovary begins to increase its length in the spring or in the early summer.

Table 2. Seasonal changes in the relative length of the ovary (mean ± standard error of the mean), ovary length and body length in the rainbow trout fry and fingerling

Group	OL mm	BL mm	OL/BL×100	*t*	*P*
		Aug. 30 – Sep. 20			
Control	6.0–17.0	51–75	17.4±0.88 (17)	0.59	>0.5
100r	5.5–14.0	54–79	16.7±0.78 (13)	0.81	<0.5
500r	7.0–12.5	51–69	16.5±0.68 (14)	0.19	>0.5
		Oct. 1 – Oct. 24			
Control	10.0–22.0	68–128	16.4±0.39 (17)	0.52	>0.5
100r	12.0–19.0	80–111	16.1±0.42 (17)	3.37	<0.005
500r	8.0–19.0	69–108	13.7±0.70 (12)	2.96	<0.01
		Nov. 28 – Dec. 24			
Control	13.0–19.0	90–137	14.8±0.52 (14)	1.22	<0.25
100r	7.0–29.0	84–164	15.9±0.74 (15)	0.36	>0.5
500r	10.0–21.5	84–131	15.1±0.64 (15)	0.82	<0.5
		Jan. 23 – March 7			
Control	10.5–28.0	96–143	14.4±0.91 (12)	0.47	>0.5
100r	14.0–22.0	100–150	14.9±0.55 (16)	0.26	>0.5
500r	13.0–28.0	95–170	14.7±0.71 (15)	0.22	>0.5
		May 10 – June 21			
Control	21.0–33.0	121–170	17.2±0.68 (13)	0.21	>0.5
100r	17.0–35.0	120–195	17.0±0.64 (15)	2.75	<0.025
500r	18.0–30.0	127–180	15.0±0.43 (18)	2.59	<0.025

In the period from the 52nd to the 75th day post-irradiation the relative length of the ovary in the 500r group is significantly smaller than that in both control and 100r groups ($P < 0.005$ and $P < 0.01$). The similar relation is also found in the period from May to June; especially, it is noteworthy that the relative length of the ovary of both control and 100r groups shows a distinct increase in this period, while that of the 500r group is only nearly equal value to that of the preceding period from January to March.

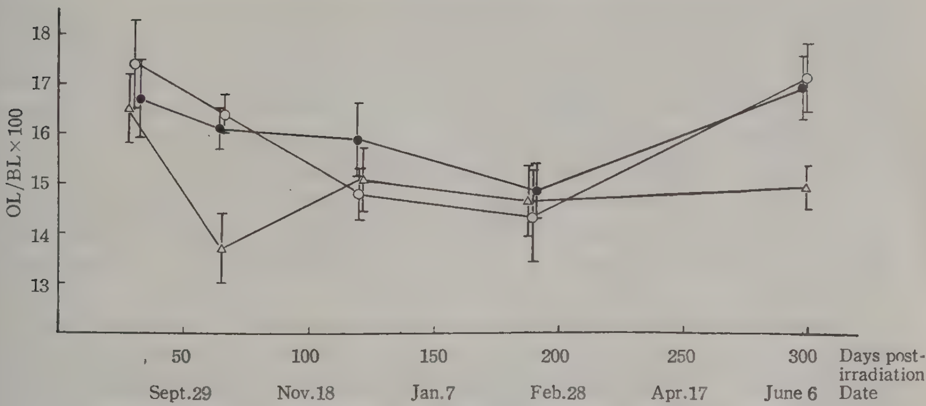


Fig. 2. Seasonal changes in the relative length of the ovary in the rainbow trout fry and fingerling
Each bar indicates the standard error of the mean ; ○ control, ● 100r and △ 500r

DISCUSSION

Effective damage of the ovary by radiation, if it occurs, is to be demonstrated positively by some histological or histochemical observations. However, evidence as to the approximate degree of the injury seems to be afforded even by comparison of the ovary growth as tested in the present experiment. That is, the low and effective dosage of

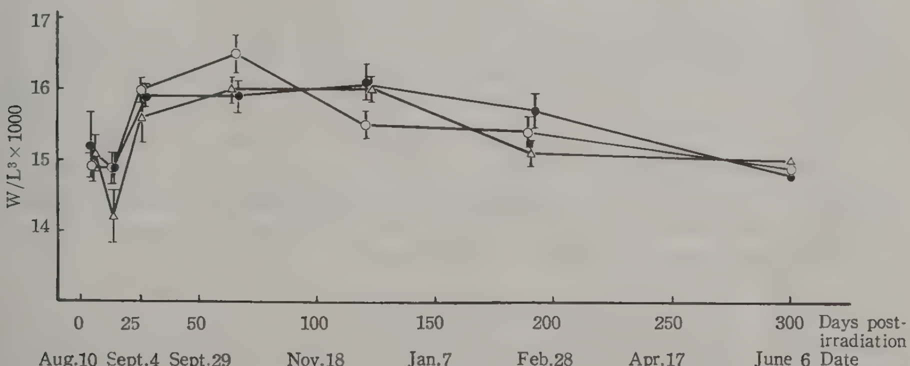


Fig. 3. Seasonal changes in the coefficient of fatness in the rainbow trout fry and fingerling
Each bar indicates the standard error of the mean ; ○ control, ● 100r and △ 500r

X-ray on the ovary of the rainbow trout in the stages of fry and fingerling may be said to be between 100r and 500r.

The seasonal changes of the coefficient of fatness in the three groups of the sample fishes are shown in Fig. 3 to make it easy to understand the comparison of the ovary growth with the body growth. The change of this value in the control group is found to

be rather more distinct than changes in the irradiated groups, the maximum occurring in the autumn. Although in some periods examined significant differences of this value were found among the three groups, no difference was found, at least, in the period from May to June. It is noticeable that although an identical value of the coefficient of fatness was found in all groups, both the relative weight and the length of the ovary in the 500r group showed a significant depression in this period (cf. Figs. 1 and 2).

The coefficient of fatness in the 500r group showed a significant lowering in the period from the 10th to the 15th day after irradiation. That may possibly be caused by a continuous depresison of the feeding in this period which was caused by X-irradiation as already reported[3].

Considering from the present analysis of the ovary growth, it is conceivable that the injury of the ovary occurs in an early period post-irradiation as in the cases of the domestic animals[1] and that recovery is slow when the dosage received is as low as 100r, but that the recovery is incomplete and the growth inhibition and degenerative effects on the ovary continue when the roentgen received is as high as the order of 500r. Such a supposition will perhaps be substantiated by the histopathological study of the ovary in the near future.

SUMMARY

1. The growth of the ovary of the rainbow trout fry exposed to the X-ray of 100r and 500r was compared with that of the control.

2. The low and effective dosage of X-ray on the ovary of the rainbow trout in the stages of fry and fingerling is between 100r and 500r.

3. The relative weight of the ovary in the 100r group attains the control level by the period from the 166th to the 209th day after irradiation. But, in the 500r group the significant lowering is found to remain even in the period from the 273rd to the 315th day.

4. In the seasons of the autumn and winter no increase of the ovary length is found in proportion to that of the body length. During such a period the effect of X-irradiation upon the relative length of the ovary does not stand out distinctly, but a highly significant difference in that respect between the 500r and each of the control and 100r groups is found in the later period from spring to early summer.

LITERATURE CITED

1) Bloom, W. (1948). Histopathology of irradiation from external and internal sources. The ovary. *Nat. Nucl. Energy Ser.*, Div. IV, 22 I, 598-673.

2) Welander, A. D. *et al.* (1948). The effects of roentgen rays on the embryos and larvae of the chinook salmon. *Growth* 12, 203-242.

3) Kobayashi, S. & Hirata, H. (1957). Effects of X-irradiation upon rainbow trout (*Salmo irideus*). I. Influence on the feeding activity in rainbow trout fry. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 8 (1), 23-35.

4) Niiyama, E. (1957). Effects of X-irradiation upon rainbow trout (*Salmo irideus*). II. Stimulative effects of X-rays on spermatogenesis in fry. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Zool.*, 13 (1-4), 281-288.

浮子の浮力減少について（Ⅱ）

五　十　嵐　脩　蔵
（北海道大学水産学部水産機械学教室）

On the Decrease of Buoyant Force of the Float （Ⅱ）

Shûzô IGARASHI

Abstract

The writer, using the apparatus shown in his previous report, measured continously under hydrostatic pressure the buoyant force of synthetic float used in drift net.

The results obtained from this experiment are as follows.

1. Generally speaking, the decrease of buoyant force of a synthetic float is caused decrease in its volume.
2. The float used in this experiment is used in drift net ; it is good for practical use.
3. Its limiting pressure is about 10kg/cm² hydrostatic pressure (about 100m depth in sea).
4. Although its quantity is small, water enters the float as hydrostatic pressure increases.

Ⅰ　ま　え　が　き

前報告[1)]で用いたのと同じ方法で，主として流網に使用されている合成浮子に水圧を加えた場合の浮力の減少を測定し，その結果より一二の知見を得たのでここに報告する。

本文に入るに先だち，此の報告の作製に当つて終始御指導を戴き且つ御校閲を賜つた当教室小林喜一郎教授，適切な助言を戴いた大川鉄男助教授並に測定に際して御協力願つた当教室新谷恵美孃に深甚なる謝意を表するものである。

Ⅱ　実　験　及　結　果

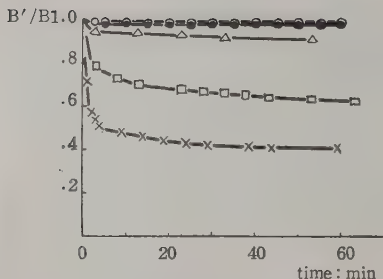
1. 試料

測定に供した試料は次の各社製品中任意に選んだ各6個づつである。

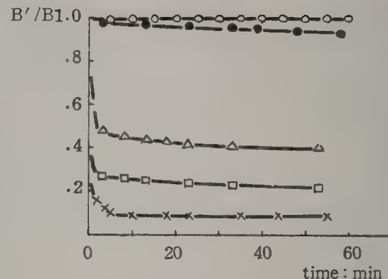
合資会社出雲ゴム工業所
角一ゴム株式会社
新大阪ゴム株式会社
大機ゴム工業株式会社
東北ゴム株式会社
三馬弘進護謨工業株式会社
株式会社大和護謨製作所
藤倉ゴム株式会社
道南漁業資材株式会社
道南ゴム株式会社

2. 変形及び吸水による浮力の減少

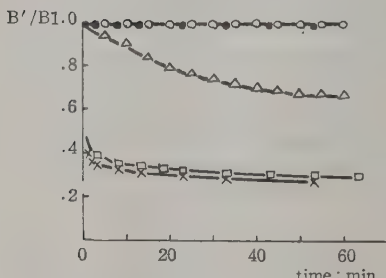
実際に浮子が使用される場合，水圧によつて生ずる変形及び吸水が同時に生ずると思われるので浮子をそのまま水圧タンク内に入れ，水圧 5，10，15，20，25kg/cm² の各場合につき各々一時間放置しておき，その



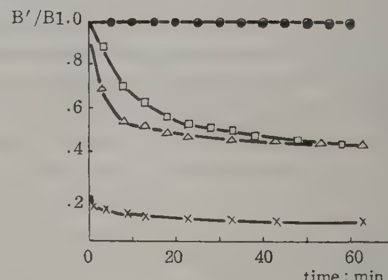
Article A



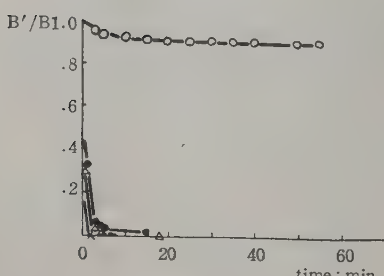
Article B



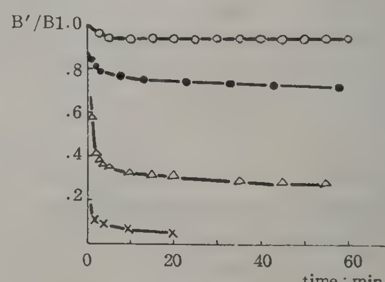
Article C



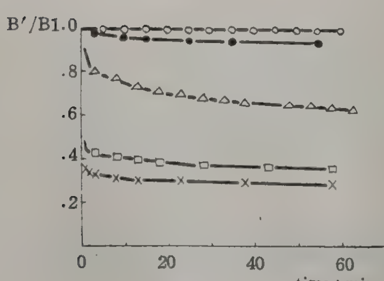
Article D



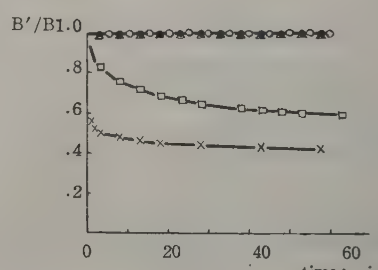
Article E



Article F



Article G



Article H

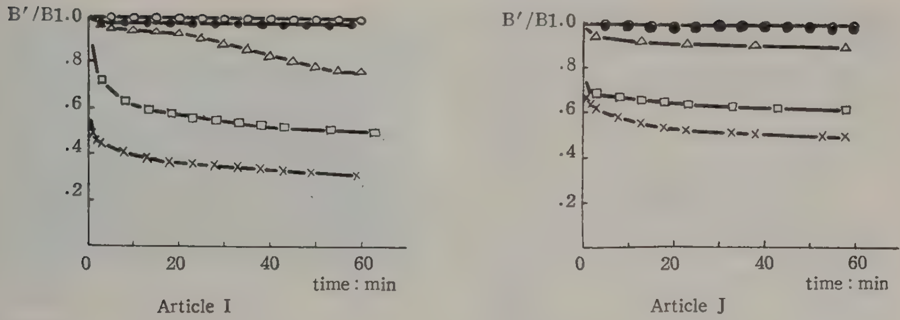


Fig. 1.　B′/B-Time curves
B: Original buoyant force　　○ : 5kg/cm²　△ : 15kg/cm²　× : 25kg/cm²
B′: Buoyant force under each condition　● : 10kg/cm²　□ : 20kg/cm²

間の浮力の減少を連続的に測定した。時間は浮子を水圧タンク内に入れポンプで水を送り始めた時から測つた。此の測定結果は Fig. 1 に示してある。図中に用いた印は次の如くである。B′/B：元の浮力に対する或る水圧の時の浮力の比。○：水圧 5 kg/cm²，●：10kg/cm²，△：15kg/cm²，□：20kg/cm²，×：25kg/cm²
猶タンク内の測定が終了後直ちにタンクより浮子を取り出し，秤量して（浮子の表面を乾いた布でぬぐい，水分を取り除いた）その自重の増加量を測定した。減圧するにつれて内部に浸水したものの一部は外部に出てくると思われるがその減少量を考慮に入れないでその自重の増加量をもつて吸水量とした。此の吸水量が浮子の浮力の減少に及ぼした影響をみる為，$\frac{\text{元の浮力}-\text{吸水量}}{\text{元の浮力}}$の値を表にして Table. 1 に示してある。

3.　変形のみによる浮力の減少

次に前報告と同じ方法で変形のみによる浮力の減少を測定した。測定結果は Fig. 2 に示してある。Fig. 3 に示してあるのは典型的な浮子の変形の状態を示す比較写真である。

III　検　　討

1.　水圧 5 kg/cm²の場合

Table 1.　Values of $\frac{\text{Original buoyant force} - \text{Quantity of absorbed water}}{\text{Original buoyant force}}$ at each hydrostatic pressure

Hydrostatic pressure kg/cm²	Articles									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
5	1	1	1	1	0.87	0.95	1	1	0.99	1
10	0.99	0.98	0.99	1	0.38	0.81	0.99	0.99	0.99	0.99
15	0.99	0.98	0.99	0.99	0.35	0.55	0.96	1	0.95	0.98
20	0.99	0.97	0.98	0.99			0.98	0.98	0.95	0.99
25	0.89	0.97	0.97	0.99	0.25	0.53	0.96	0.98	0.92	0.85

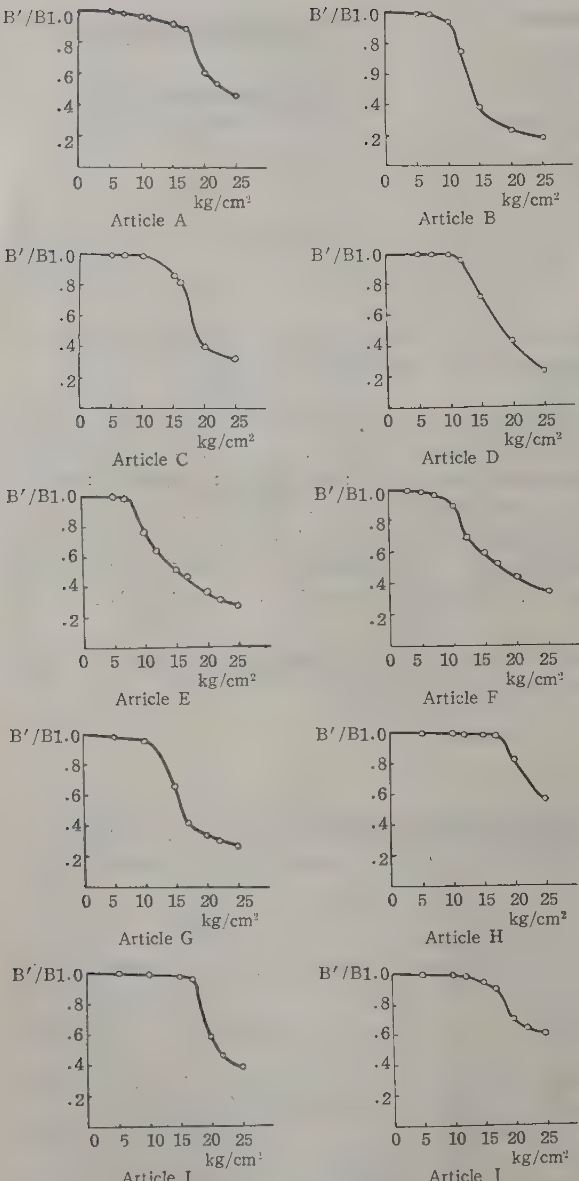


Fig. 2. B′/B-Hydrostatic pressure curves.

Table. 1に示す如く試料E及びFを除いて全く又は殆んど吸水しなかつた。此の事よりこれらの浮子の浮力の減少は，その体積の減少によるものである事がわかるが殆んど無視してもよい程小さいものである。試料E及びFについては，Fig. 2より割合つぶれ易いがTable. 1より猶一層吸水し易い事がわかる。特に試料EはFig. 2及びFig. 1，Table. 1より吸水のみによつてその浮力が減少した事が明示出来る。そして吸水し易いという事は浮子内部の気泡が独立でなく（水圧5 kg/cm²では Fig. 2より気泡の独立性が破壊されたとは考えられない）夫々連つて表面にまで達しているものと思考される。

2. 水圧10kg/c˙mの場合

水圧 5 kg/cm² の場合と同様に試料E及びFを除いて浮力の減少は殆んどない。試料EはFig. 1にみられる如く浮力の減少が甚だしく時間15分にして浮力か殆んど零になつた。これは夫々の図及び表より吸水によつて約62%浮力が減少し，残りの約38%が体積の減少による浮力の減少という事が出来よう。

3. 水圧15kg/cm²の場合

試料Hを除いたその他の試料は浮力の減少が大きく，此の程度の水圧で最早実用に堪え得ない事を示している。試料E及びFを除く他の試料の浮力の減少についてはFig. 1とFig. 2を比べ更に Table. 1に示した値を考慮すると，浮子の体積の減少によるものである事が指摘出来よう。そして又実際にはFig. 2に示した様な曲線ではな

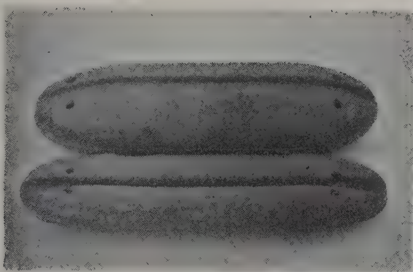


Fig. 3.　Above : Before use in experiment
Below : After use in experiment

く，更に時間の影響が入る様に思われる。それは合成浮子の如き材料の性質として塑性（同じ力でも時間の経過につれて伸び或いは縮むという意味で）があり，更に材料の疲労によつて変形がすすむのであろう。試料Ｉの曲線は他の曲線と多少異つているが此の原因については明かでない。

4.　水圧20kg/cm²及び25kg/cm²の場合

此の水圧になるとすべての浮子が実用的価値を失う。その浮力の減少の仕方は水圧 15kg/cm² の場合と同じ様であるが，此の水圧では吸水による浮力の減少の割合が増えてきている。猶試料ＤがFig. 1 にみられる如く水圧15kg/cm² に於ける浮力の減少が 20kg/cm² に於けるそれよりも大きいのは製品の出来が不均一な事によるものであろう。

以上夫々の水圧の場合にわけて種々検討してきたが，用いた試料が少く統計的に個々の製品の特性を定める事は不可能であるが，大凡夫々の図に示した如き値をもつているものと推察される。Fi.g. 4 に試料Ｃの

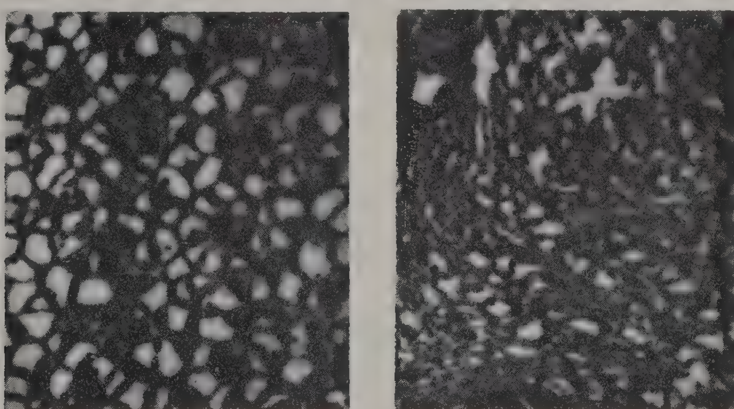


Fig. 4.　Microphotogragh of interior of float　× 20
Left : Before use in expriment
Right : After use in experiment

顕微鏡写真を示した。左が正常なもの，右が水圧でつぶされたもので独立気泡の変形の有様をみる事が出来る。

測定に供した合成浮子は流網用のもので殆んど海の表層において使用されるものであるから実用的立場からみて供試品の大部分は桐浮子等に比して格段に優れているものと思われる。又実用的見地から合成浮子の吸水は重要な問題ではないが，独立気泡を有する材料の吸水機構は中々興味ある問題である。而し未だ解明の域には達していない。今後の研究にまちたい。此の実験を通じて室温12°C～16°C，水温9°C～12°C，湿度76%～87%であつた。

最後に此の実験の費用の一部は財団法人水産科学研究奨励会より受けた。感謝して附記しておく。又供試品については日章工網株式会社沼崎弥太郎氏，函館製網船具株式会社浅市州一氏，赤岡民夫氏の御厚意により入手した。併せて感謝の意を表す。

IV 要　　約

1. 現在使用されている合成浮子の浮力を測定した。
2. 合成浮子の如く独立気泡を有する材料の水圧下に於ける浮力の減少は一般的にはその体積の減少の結果によるものである。
3. 測定に供した試料は殆んど海の表層において使用されているものであるから，実用的見地からは充分な耐圧性を有している。
4. 合成浮子の限界圧力は水圧10kg/cm²（水深約100m）前後と思われる。
5. 水圧が高くなるにつれて少量ではあるが水は浮子内に浸入する。耐水性に対する長時間試験は今後の研究にまつ。

文　　献

1) 五十嵐脩蔵（1958）．浮子の浮力減少について（1）．北大水産彙報 9（1），53—58.

カムチャッカ西海岸に於ける底曳網漁場に就て

前　田　辰　昭
（北海道大学水産学部遠洋漁業学教室）

On the Trawl Fishing Ground off the West Coast of the Kamchatka Peninsula

Tatsuaki MAEDA

Abstract

So far as the author is aware, the results of investigations on the trawl fishing ground off the west coast of the Kamchatka Peninsula have so far been only fragmentarily reported.

Being entrusted with the assignment by the Fisheries Agency, Ministry of Agriculture and Forestry, Government of Japan, the author investigated sea current, bottom material, bottom condition, fishing and biological factors at the ground from lat. 53°00′N to lat. 58°30′N in June 1955.

The results obtained may be stated as follows:

1. A few valuable cod are found; shoals found near 100 meters depth line are small, whilst those found near 50 meters depth line are large.

   On the other hand, Alaska pollack, "Tsunogarei" and "Rosukegarei" (both are species of flat fish) are very abundant. They are found near 50～100 meters depth.
2. Kavran Bay is presumed to be the spawning bed of king crab.

   It migrates from the shallow water to the deep and vice versa and as it grows it moves to the south.
3. Sea bottom is flat in shape and therfore very good for a trawl fishing ground.
4. The bottom materials are sand and mud, operations are easy.
5. At off 60～80 meters depth, zone of long and narrow cold water occurs except off Kavran Bay.
6. The area of these trawl fishing grounds is estimated 2,500 square miles.

I　緒　　　言

カムチャッカ西海岸に於ける底棲資源の開発は，1929年頃よりノビコフ等によって行われ，我国では農林省監視船俊鶻丸が1936年から1939年まで4ヶ年に亘り当海域の調査を実施した。北海道水産試験場でも1937年，1938年の2ヶ年に亘り三洋丸を使用して54°00′N～51°00′Nの底曳網漁場を，また1940年高岸氏（北海道水産試験場）は第11東海丸，明星丸の2隻を使用して53°00′N以南の調査を行った。翌1941年アーサートロール駿河丸外3隻はカムチャッカ西海岸沖合の51°00′N～54°50′Nのトロール漁業を試みた。1942年には第戸丸，厚生丸，遼東丸の3船団，1943年は第戸丸，遼東丸，東丸の3船団がそれぞれ当海域に出漁して母船式底曳網漁業の本格的操業を行った。

戦後北洋漁業が再開されて，1954年には機船底曳漁業によるはえなわ漁業の一船団が出漁し，1955年には母船式並びに独航船方式によるトロール漁業が行われた。

以上が今日に至るまでの調査及び試験操業の概要であるが，それらの結果が公表されているものは少く，

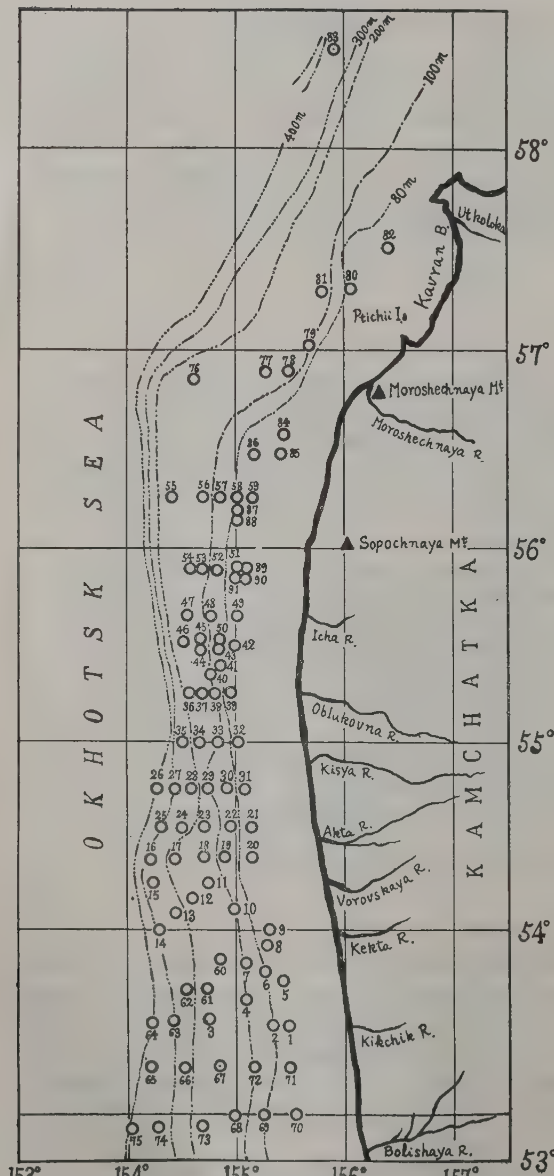


Fig. 1. Experimental stations of trawl fishing ground off the west coast of the Kamchatka Peninsula

れ迄明らかにされいる海域は主として53°00′N以南である。

本調査研究は1955年6月水産庁調査船第15みなと丸（一隻曳機船底曳網漁船）を使用して，カムチャッカ西海岸に於ける底曳網漁場調査，即ち海底形状，底質，海況及び底曳網による漁獲量，水族の分布等に就て検討を加えたものである。

II 資料及方法

資料は1955年6月6日より同7月13日に至る期間に，カムチャッカ西海岸の53°00′Nから58°30′N迄の距岸20浬以沖，水深400mに達する大陸棚の海域に於て，一隻曳機船底曳網漁船第15みなと丸（74.85屯）を使用して得たものである。

海底地形，水深，底質，海況等は音響測深機（古野電気K.K.製，K261型，14K.C.），手動測深機，採泥器，転倒寒暖計等によつて観測し，魚群の分布及び密度については底曳網（八戸地方に使用せる綿糸網）による漁獲試験によつて調べた。

尚 Fig. 1は調査海域を示したもので，1より91までの数字は漁獲試験の回次番号及び位置を示すものである。

III 結果及考察

1. 海底に就て

（1） 水深及び海底地形

水深は Fig. 1に示してある如くで，等深線は海岸線とほぼ平行に南北に伸びており，53°00′Nでは海岸から遠く離れているがこれより北寄りになると稍接近し，54°30′N附近より再び沖合に伸びる。そしてモロセチナヤ沖合に至つて海岸線の湾曲に沿つて北東に走り，ペンジンスキ

一湾に至る。ペンジンスキー湾口の最深部は南西から北東に向つている。

尚当海域南部の水深は水路部発行260号記載のものより多少深い値を示している。

海底地形に就ては航走中連続音測して観察した。南側の53°00′N附近は極く緩慢な傾斜をなし，海底も平坦であるが，水深 200m～300m附近に若干の岩礁が認められた（Plate I－1）。54°45′N附近では140m以浅は平坦であるが，これより急傾斜をなして深くなり，200mより再び緩くなつて260mに至つては畝状の凹凸岩礁がみられる（Plate I－2）。55°39′N附近は南側海区と異り海底悪く，特に100m附近に小さな突出岩が散在し曳網は困難である（Plate I－3）。56°29′N 線は比較的緩かな傾斜をしているが，200m を境として顕著な岩礁脈の起伏がみられ600mまで続いている（Plate I－4）。この 56°29′N線の如き水深状況及び海底地形の傾向は，北側にも現れ56°54′N附近に於ても同様である（Plate I－5）。57°15′N及び57°30′N附近は岩礁少く平坦な斜面をなしているが，57°45′Nから57°54.′5Nでは海底状況も変化しており，沿岸より125 m迄は傾斜少く，これより沖合は急斜面となり300 mに至る。然しこの西側には270 mの小堆(Bank)が認められる（Plate I—6,7)。ペンジンスキー湾口の58°18′N，156°57′Eの地点から58°29.′5N，155°47.′5Eの地点に至る38浬を航走して音測記録を得た（Plate I－8）。これによると92mより110 m迄は傾斜少く，110 m以深では次第に急になり，250m附近より更に傾斜を増し360mに至つて平坦となる。最深部は363 mでこれより西側は急に浅くなつている。

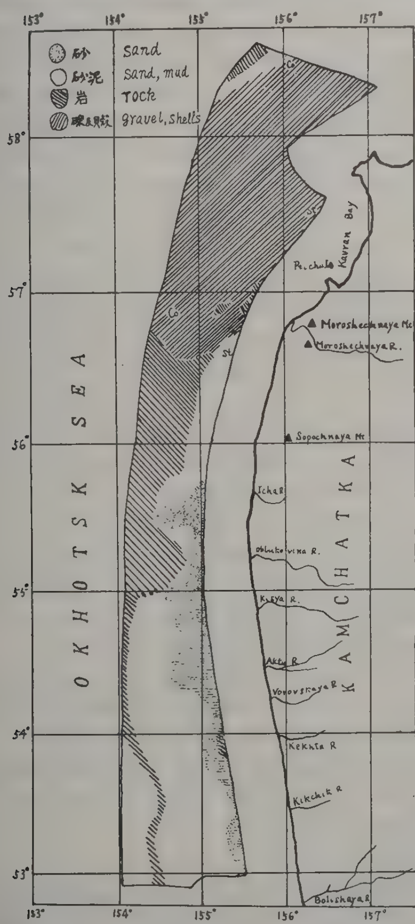


Fig. 2. Distribution of bottom materials

（2） 底質分布

53°00′Nから55°00′Nに至る海域の陸岸沿ひに水深60m附近は一般に砂で，54°00′N附近には薄い砂に覆われた岩盤が認められ，操業に際し漁具に若干の損害を来したこともあつた。この沖合は殆んど砂泥或は泥で操業に適しているが，水深250m～350mに岩礁脈がみられた。55°00′N～56°45′N海区の沿岸寄は砂又は砂泥で，沖合は岩礁地帯になつている。56°45′N以北58°30′N迄は一部に石，サンゴ，岩礁等みられるが，殆んど礫，貝殻である。尚ペンジンスキー湾口の南西から北東に伸びる最深部は砂泥となつており，その北西トルストイ岬側の浅海は岩盤地帯である（Fig. 2）。同海域はペジンスキー湾口にあたり，潮流が相当速く（56°51,′3N，154°38′Eに於てSW/Wに流れる2.2節の潮流を観測した)，そのため泥や細砂が流動して浅海には礫や貝殻（フジツボの死殻）が残り，深海部に砂泥が沈降してこのような底質分布を示しているものと想像される。

以上の如き底質状態から本海域の底曳網操業可能水域を判断する次の如くなる。

a．53°00′Nより55°00′N迄の水深 250 mから350mに至る岩礁地帯を除いた海域。

b．55°00′Nより56°00′N迄の水深100m以浅海域。

c．56°00′Nより56°45′N迄の水深80m以浅海域。

尚同海域を33回に亘つて調査した俊鶻丸の結果によると，57°00′N以南の距岸20浬〜40浬の海区が好漁場であると云う[1]，ほぼ似たような結論がなされている。

2．海況に就て

（1）海　　流

カムチャッカ西海岸に於ける海流調査は，漁業上から色々と行われて来たが，その多くは沿岸のもので，沖合の広範囲な調査は少く，細部の状況は今日尚判然としないようである。然し1917年，1918年の雲鷹丸の調査[2][3]によると，オコツク海全域の海流は反時計回りの一大左転流があり，更にイーチヤ及びコンパコバ両河の沖合百数十浬の地点を中心とした，一つの左転渦流があると云われている。

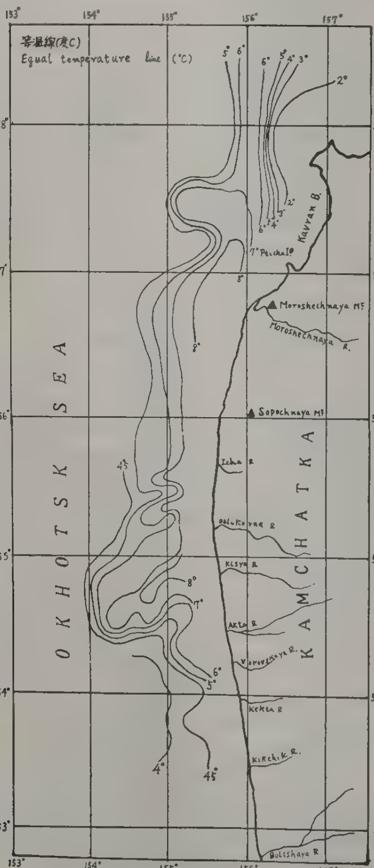


Fig. 3. Distribution of surface water temperature

本調査による水温，水色，透明度等の資料から海流の状況をみると，当海区南部から中部には濁つて透明度の低い沿岸水が陸岸沿ひに分布し，その沖合距岸15浬〜20浬を中心とした透明度の高い温暖水が南から北に張り出している。更にこの沖合には硅藻類を多量に含有せる濁つた冷水帯があつて，154°30′E〜155°00′E附近で澄んだ温暖水と接触して潮境を形成している。これと同様の傾向は1942年の調査[1]にもみられている。このようなことは北部のカフラン湾沖からペンジンスキー湾口に於てもみられ，北上暖流はカフラン湾沖からペンジンスキー湾に向つて伸びており，その西側には冷たく濁つた水帯が観察された（Fig. 3，Fig. 5）。北上流の勢力は56°00′N以南に於ては緩慢であるが，56°00′N以北に至つて強くなるようである。これは流速測定によつても認められたが，他方海底水温の分布からも判断される。即ち56°00′N以南の等温線がほぼ水深と一致し，冬期間に生じた0°C以下の負温帯が，北上流の影響を受けずに浅海の50m〜120mに残存しているのに対し，56°00′N以北ではペンジンスキー湾の急潮の影響を受けて表面水と下層水とが混合して，150m以浅には負温帯は存在しない（Fig. 4）。

尚北上温暖水の東側には透明度の低い水帯がみられたが，これは河川の排水を含んだ沿岸水と思われる。また温暖水の沖合に認められた濁つた水帯は，イーチヤ及びコンパコバ沖合を中心とする左転渦流によつてオコツク海北部より来流した水帯ではないかと思われるが明かでない。

（2）表面水温

6月に於ける53°00′Nより58°30′Nに亘る距岸20浬沖海域の表面水温は，沿岸寄りが概して高く，沖合になるに従つて低くなる（Fig. 3）。これは前項で述

べたように155°00′E 以東には北上する温暖水があり，その西側には渦流によつて来流した冷水帯があるためと考えられ，西水帯の不連続線は交錯して154°30′Eから155°00′Eにわたつている。即ちケフタ及びイーチヤの沖には比較的冷たい沖合水の接岸がみられ，キスヤ河からアフタ河にかけては温暖水が可成沖合にまで張出している。当海域の56°00′N以北は潮流のため深浅の海水が混合して全般的に水温は低く，僅かペンジシスキー湾口の中央部のみが幾分高目となつている。

（3） 海底水温

底棲水族の環境を知る上から海底水温を測定した（Fig. 4）。53°00′Nより56°00′Nまでの距岸20浬以沖では陸岸に近づく程水温低く，沖合程高温である。等温線は概ね陸岸沿ひに伸びているが，54°15′Nから54°50′N間には湾曲部があり，54°45′N，154°56′E の地点に－0.9Cの游離水塊が認められた。56°00′N から57°00′Nの海域では155°00′E線以西に負温帯があり，その東側の浅海は水温が高い。57°00′N以北58°30′Nに至る海域では沿岸程水温高く，沖合の深海程低くなつており，56°00′N以南海域と異つた水温分布を示している。これは同海域の潮流が早く，浅海部の海底水が表面の暖水と攪拌混合されて海底の水温が上昇するためであり，深海部は潮流の影響を受けることが少いために負温帯が存在しているものと考えられる。

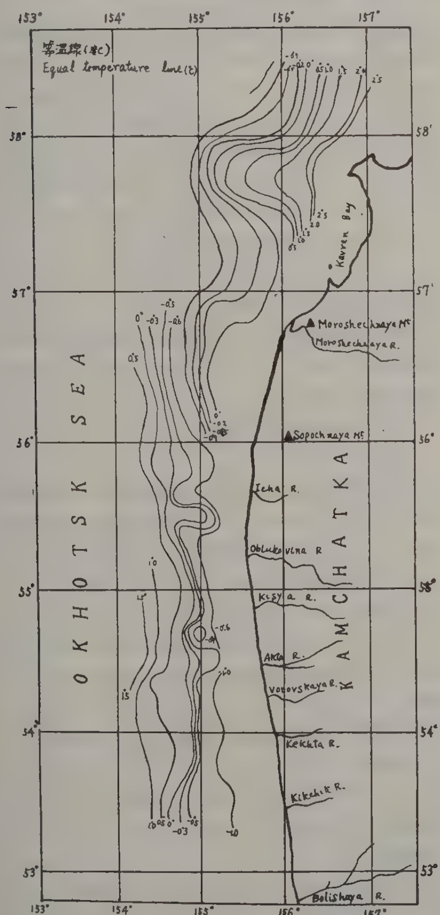


Fig. 4. Distribution of bottom water temperature

尚6月当海域に於ける0°C以下の所謂負温帯は水深50m〜120mに現れており，その中心は60m〜80mにみられた。この負温帯は須田氏の説[5]によると海氷の生成，其の融解及び沖合表層海水の冬期冷却による対流混合等によつて生ずる中冷層の軸心部を示すものと云われ，当海域の水深が浅いために斯かる分布をしているものと想像される。

（4） 水色及び透明度は表面水温分布とほぼ似た傾向を示し，水色4〜5，透明度12m〜14mという澄んだ水帯が陸岸と平行に距岸20浬〜30浬附近にみられ，その西側には水色6〜7，透明度4m〜6mの水帯があり，東側には水色5，透明度9m〜11mの水帯が認められる。この海域に於ける水色は4〜7を示し，透明度は最低4mから最高14mに達している（Fig. 5）。

3. 漁獲に就て

漁獲試験の総回数は91回であつたが，曳網中に事故のあつた22回を除外した6月中の69回の操業による漁獲を対象として，総漁獲量，深度別漁獲量及び魚種別漁獲量等に就て検討を加えた。

（1） 総漁獲量及び魚種別漁獲量

69回の漁獲試験による総漁獲量は11930.3貫（タラバガニ，アブラガニを除く）である。この漁獲試験は好漁場を重点的に調べたものではなく，漁獲成績の如何に拘らず定点を逐次操業したものであるた

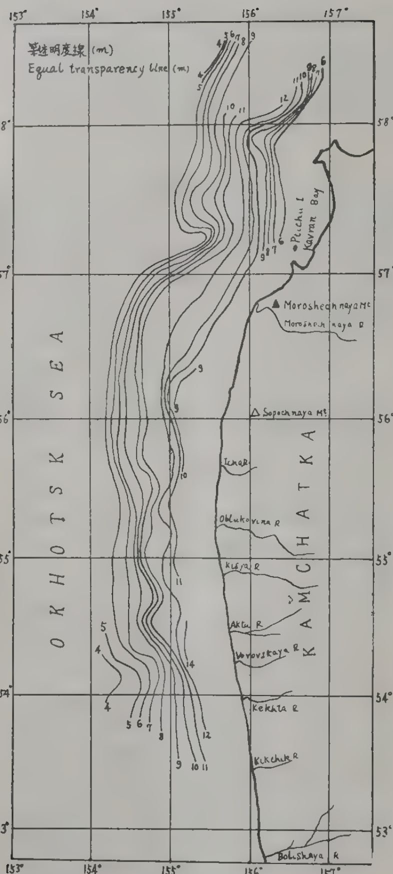


Fig. 5. Distribution of transparency

め，この結果から直ちに漁場価値を判断することは出来ないが，棲息する魚種別の量的傾向を知ることが可能であろう（Table 1）。

今これらの漁獲から魚種別の比率をみると，スケトウダラが最も多く37.9%を占め，ツノガレイ，ロスケガレイが次いで多くそれぞれ17.2%，14.9%を示し，マダラは僅か13.1%に過ぎない。

以上の4魚類が漁獲の大部分を占めており，当海域の主要魚種と云える。尙これらの外多くの魚種が漁獲されたがいずれもみるべきものはない。

（2） 深度別漁獲量

69回の漁獲結果を深度別に整理し，1網平均の漁獲量を算出した（Table 2）。これによると水深が浅いほど漁獲が多く，51m～60mで最高数量390.8貫を示し，これより深さを増すに連れて減少し，特にこの傾向は91m～100mの233.2貫から101m～120mで141.1貫と半減し，100mを境として顕著に現われている。そして181m～200mでは僅か14.7貫にすぎず，351m～400mに至つては皆無の状態となる。

このようなことから当海域の20浬以沖に於ては水深と漁獲は逆比例の関係を有していることが明らかとなり，企業的な見地から考えられる漁場の水深は100m以浅であり，マダラを目的とする時には120m線が限界と推定される。

（3） 魚種別の漁獲状況

a． マダラ

マダラの漁獲は操業69回のうち1565貫で，総漁獲量の13.1%に過ぎない。これは魚体測定の項でも述べるように，マダラは一般に小型の若齢魚が大半を占め，大型の成魚が少いためと考えられる。

深度別による1網平均漁獲量の変化をみると，51m～60mで32.0貫と稍多く，61m―80mで急に減少している。然し80m附近からは逆に増加して101m～120mに於て最高の漁獲量81.3貫を示している。また120m以深では急激に減少し，300m以深に至つて数尾の漁獲より見られない。

調査は50m以浅は出来なかつたが，Table 2 よりして浅い程漁獲の増加が想像される。これは春から秋にかけて行われたタラ釣漁業が沖合でなされず沿岸で好漁を得た事や，ソビエトの報告[6]によれば，マダラは冬期間200m附近に棲息しているが，3月～4月に産卵を終えた成魚が4月～5月にかけて沿岸に接近し，激しく餌を漁つて沿岸海水温度の低下する9月末～10月初頃まで浅海にとどまると云われ，また6月上旬50m以下の水深で大型タラの大群棲が認められた等からも判断される。

以上のことからマダラは51m～60mの沿岸群と，100m～120m附近を中心とした沖合群とが認められ，ソビエトの調査と一致している。然しこの二群の関係は不明で，マダラの習性からして根ダラと沖ダラではないかとも考えられるが，浅海のものは魚体大きく深海のものは一般に小型で，従来の観念から解釈することは

Table 1. Amount of total catch and species of fish

Species	Catch in 69 hauls (unit : 1 kan=3.75 kg)	%
Cod	1565.0	13.1
Alaska pollack	4524.6	37.9
"Tsunogarei"	2056.5	17.2
"Rosukegarei"	1778.7	14.9
"Dorogarei" "Umagarei"	931.7	7.8
"Shumushugarei"	80.0	0.7
"Karafutogarei"	242.5	2.0
Halibut	23.1	0.2
"Karasugarei"	111.3	0.9
Arrow-toothed halibut	6.4	
"Hiregurogarei"	7.5	0.1
"Samegarei"	0.2	
Herring	0.2	
"Kinkin" or "Kichiji"	0.3	
"Kuromenuke"	0.2	
"Kankai"	8.0	
"Kajika"	393.0	3.3
Ray sp.	35.0	0.3
"Genge"	90.8	0.8
"Bikunin"	48.0	0.4
"Inugochi"	0.3	
"Onishachiuo"	8.9	0.1
*King crab	2107	
*"Aburagani"	91	
Prawn	3.0	
Octopus	15.0	0.1
"Konpeitouo"	0.1	
Total catch	11930.3	100

Remark

*King crab and "Aburagani" expressed by number

Table 2. Amount of average catch and species of fish

Depth (m) / Species	51 ~ 60	61 ~ 70	71 ~ 80	81 ~ 90	91 ~ 100	101 ~ 120
Cod	32.0	6.2	9.5	44.0	50.3	81.3
Alaska pollack	47.5	168.0	128.6	179.2	62.8	31.3
"Tsunogarei"	87.5	49.7	95.0	25.0	50.9	2.7
"Rosukegarei"	187.5	41.5	42.8	8.3	34.5	
"Dorogarei" "Umagarei"	4.8	22.9	34.9	21.0	19.4	15.3
"Shumushugarei"	10.0		6.7			
"Karafutogarei"	2.0	5.3	14.7	7.3	0.3	
Halibut	0.7	0.4	0.2	1.4	0.8	2.0
"Karasugarei"					2.6	3.6
Arrow-toothed halibut					0.1	
"Hiregurogarei"		0.2		0.3	0.1	0.1
"Samegarei"						
Herring			0.1		0.1	
"Kinkin" or "Kichiji"						
"Kuromenuke"	0.1	0.1		0.1		
"Kankai"	1.0	0.1	0.2		0.1	
"Kajika"	17.0	11.6	14.6	3.0	9.4	3.0
Ray sp.	0.3		0.7			0.8
"Genge"	0.1	1.8	2.0		1.2	
"Bikunin"						
"Inugochi"						
"Onishachiuo"		0.1	0.1	0.1		
*King crab	39.8	28.4	30.7	116.0	32.9	57.8
*"Abragani"						
Prawn					0.1	
Octopus					0.3	
"Tokubire"	0.3			0.4	0.2	1.0
"Konpeitouo"						
Total catch	390.8	307.9	350.1	290.1	233.2	141.1

Remark

*King crab and "Aburagani" expressed by number

according to depth (unit : 1 Kan=3.75 kg)

121 - 140	141 - 160	161 - 180	181 - 200	201 - 250	251 - 300	301 - 350	351 - 400
33.4	12.7	18.9	5.8	6.8	3.3	0.8	
4.6	3.0	1.5	2.3	1.7	0.2	0.3	0.1
3.6	0.7	0.3	0.2				
0.5							
14.0	1.1	1.0		0.6	1.4	0.3	0.1
0.1	0.1	0.3	0.3				
0.4	0.5				1.0	0.5	
3.0	1.0	1.5	3.0	2.0	7.2	6.5	1.4
				0.2		0.2	
0.1		0.1	0.1	0.7	0.2		
						0.1	0.1
					0.2	0.1	0.3
0.7	0.2	0.5	0.3	0.8	0.1	0.1	0.1
0.2	0.7		1.0	1.0	1.0	2.5	4.7
0.6	1.0	0.4	0.5	0.5	1.5	3.9	1.0
4.5	2.7	1.7	0.4	0.2	0.5	0.2	0.4
0.1		0.2		0.1	0.1		
12.4	29.7		18.7	9.6	0.8		
	0.3			0.4	1	4	17
0.1	0.1	0.1		0.2	0.2	0.1	
0.6	1.0		0.7	0.4	0.5	0.5	1.0
			0.1				
66.5	24.8	26.5	14.7	15.2	17.4	16.1	9.2

出来ない。そこでマダラと海底水温の関係に就て検討した。その結果マダラは－0.5°C～+0.°5Cに濃密に分布し，－0.°5C以下の負温帯の所では日立つて稀薄であつた。然るに負温帯の中心(－1.°0C～－1.°2C)は60m～80mにみられ，漁獲の少なかつた水深と一致している。また深海で越冬した魚群が接岸するに際して，負温帯があるため大型魚はそれを突抜けて接岸するが，小型魚はこれに阻まれて沖合にとどまり斯かる分布をなしているものと推察される。

水平分布に就てみると陸岸に沿つて距岸20浬～30浬，水深60m～120mの所に分布し，最も漁獲の多かつた水域は海底水温の湾曲している54°30N～55°40′Nのカムチャッカ西海岸中部で，No. 33では240貫の漁獲があつた（Fig. 6）。

b． スケトウダラ

本種の漁獲量は各魚種中最も多く，4524.6貫と全体の37.9%に相当する。棲息範囲は51mから400mに亘り，水深別1網平均漁獲量はマダラの場合と多少異り，61m～90mで多く，特に81m～90mでは179.2貫と頂点をなし，それより深浅は共に不振で，120mを境として急激な減少がみられる（Table 2）。

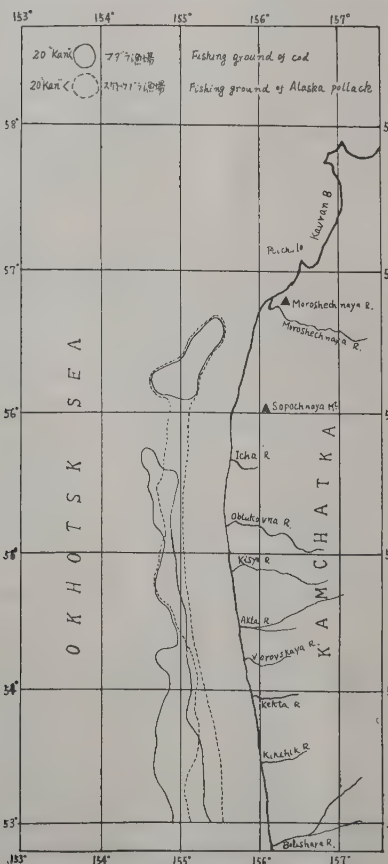


Fig. 6. Horizontal distribution of cod and Alaska pollack

水平分布は距岸30浬以内の海岸に沿つて分布している。然しスケトウダラはマダラより広範囲に亘つており，しかも海岸寄りに多い。最も濃厚な群のみられたのはイーチヤ河沖の55°15′N～55°40′Nの海区で，No. 51では350貫の最高漁獲を示した（Fig. 6）。

c． ツノガレイ

ツノガレイは総漁獲量の17.2%（2056.5貫）に当り，カレイ類では最も多い。深度別分布は51m～200mにみられ，51m～60mで87.5貫，71m～80mで95貫と多く，100m以深ではずつと少くなり，140m以深に至つては1貫に満たない（Table 2）。

水平分布では56°15N～56°40′N，55°00′N～55°15′N及び53°30′N～54°00′N等の浅海区に濃厚で，特にケフタからキクチク間では1網300貫（No. 8）を漁獲したこともある（Fig. 7）。

d． ロスケガレイ

本種はスケトウダラ，ツノガレイに次いで多く，総漁獲量の14.9%(1778.7貫)を示している。深度別の分布では51m～60mで1網平均の最高漁獲187.5貫を示し，これより深海では急激に減少している(Table2)。

50m以浅の調査は行わなかつたが，宮武氏[7]の調査結果よりすれば，50m～60mに於て漁獲成績最も良く，それより浅海では余り多くの漁獲はなかつたようである。水平分布は55°00N以南の沿岸寄りの海底水温が－0.°5C以上の海域が良好で，No. 1，No. 70，No. 71ではそれぞれ170貫～300貫の漁獲を見ている（Fig. 7）。

e． ドロガレイ及びウマガレイ

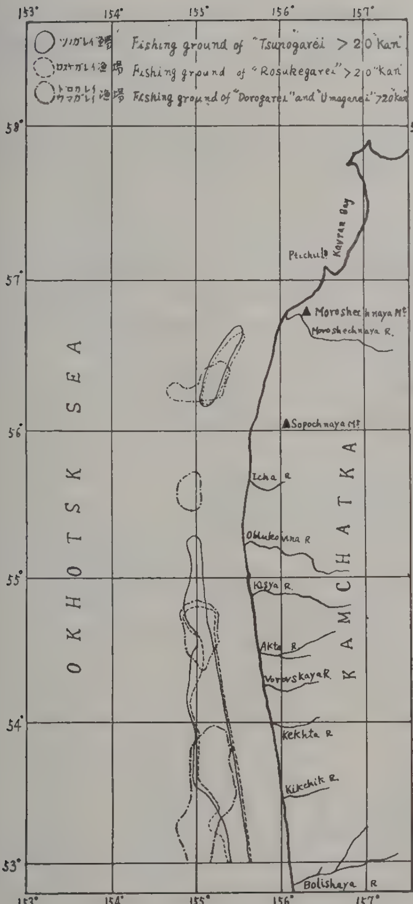


Fig. 7. Horizontal distribution of "Tsunogarei", "Rosukegarei", "Dorogarei" and "Umagarei"

この漁獲量は全体の7.8%（931.7貫）に相当し，何れの深度にも分布しているが稀薄である。漁獲は71m～80mに多く1網平均34.9貫である（Table 2）。水平分布はツノガレイ，ロスケガレイ等に比較して稍沖合に偏している（Fig. 7）。

f．その他（Table 2）

カラフトガレイは総漁獲量の2%にあたり，53°00′N～57°00′Nの200m以浅に分布し，71m～80mに比較的多い。シュムシュガレイは54°00N以南の80m以浅に限られ，北部では殆んどみられない。

アブラガレイ及びカラスガレイは55°00′N以南の深所に若干みられ，大型のものが殆んどである。オヘウは56°30′N以南水域の水深310m以浅にみられ、54°00′N～55°00′N間に比較的多い。カジカは種類多く，深浅何れの海域にも分布しているが，54°10′N以南の浅海に多い。本種の中で量的に最も多いのは，俗にナベコワシと云われている大型のものである。エビ類ではホッコクアカエビ，トヤマエビ等あり，量的に少いが全海域に分布し，マダラ，スケトウダラの胃中から大量に発見された。以上のほか浅海ではクロメバル及びカンカイ等が，深海ではキンキン（キチジ），カスベ，ゲンゲ，ビクニン，タコ等漁獲されている。

g．タラバガニ

当海域に於けるタラバガニの群は，春水温の上昇に伴つて産卵，索餌のため4月初め雌ガニが深海より沿岸に来游し，次いで雄ガニが4月下旬から5月中旬にかけ雌ガニの後を追つて接岸すると云われている[8]。

この調査を実施した期間には雌ガニの群は既に沿岸に移動した後で，沖合には殆んどみられず，雄ガニも主群は接岸している模様で，沖合の棲息群は稀薄で漁獲も少く，69回の漁獲試験の結果2107尾を漁獲し，1網平均30.5尾にすぎない。

海区別の漁獲状況をみると，53°00′N～54°15′Nの海区では最も悪く，操業31回で215尾に過ぎず，雄が殆んどで雌は1尾だけであつた。54°15′N以北56°40′Nまでの海区では，北上するに連れて好成績で，54°45′N,154°56′E（No. 30）の地点では326尾の最高漁獲をみた。また54°15′Nより北方では漁獲の増加に伴つて幼ガニ（アンコガニ）の混獲も増え，雌ガニの数も幾分増加した。特にカフラン湾沖合の57°15′N,156°03E（No. 80）に於ては92尾中雌ガニが30%を占めていた。

漁獲成績の特によかつた海区の海底水温をみると，54°45′N，154°56E（No. 30）附近には－0.°9Cの冷水塊があり，その周辺水温とは相違していた。また海底の等温線が顕著に湾曲している55°30′N附近も概して良好な漁獲がみられ，海底水温とタラバガニとは関係があるものと推察され，タラバガニの移動を知る上から興味ある問題である。

次に深度と漁獲との関係についてみると，51mの浅海から300mの深海にまで分布しており，300m以深では1尾の漁獲もなく，多くは51m〜120mにみられた。最も多く漁獲された水深は81m〜90mで，1網平均116尾である（Table 2）。

h．アブラガニ

本種の漁獲はタラバガニに比較して少く，総数僅か91尾である。その分布は54°30′N〜55°00Nの200m以深の海区に限られ，54°45′N，154°16′E（No. 26）で68尾の最高漁獲をみた。同海区の底質は砂，泥砂で海底水温は他の海区に較べて高く0.°5C〜1.°8Cである。

4．漁場面積

本研究のために調査した大陸棚の総面積は，12000平方浬に達し，北海道周辺の底曳網漁場14000平方浬[9]に匹敵するものである。然しこれまでに論じたことを総合すると，海底が岩礁，礬，石，サンゴ等で操業の不可能な部分が相当広く，更に深度別漁獲では120m以深は漁獲急減するために，実際底曳網漁場として産業的に利用出来る面積は2500平方浬と推定される（Table 3）。

尙この漁場面積は海底状況と6月に於ける漁獲結果に基づいて算出したものである。従つてタラ，スケトウダラのような季節的に移動する魚群を対象とする際は，時期によりその値も変化する。

Table 3. Area of valuable trawl fishing ground off the west coast of the Kamchatka Peninsula

Region		Area (spuare miles)
53°00′N-54°00′N,	from 120 meters depth to 20 miles off the coast	1000
54°00′N-55°00′N,	〃	700
55°00′N-55°45′N,	〃	500
55°45′N-56°30′N,	from 80 meters depth to 20 miles off the coast	300
Total		2500

5．生物調査

（1）タラバガニの標識放流

タラバガニの移動を知るために標識放流を行つた。然しこれは当初の調査項目に組入れていなかつたため計画的なことは出来ず，2回で45尾，28尾と計73尾（何れも雄）の放流を試みたに過ぎない。その結果白洋丸船団の刺網で11尾，ソビエト船団で1尾計12尾が再捕の報告を受け，再捕率は16.4%である。

Table 4によると54°33′N，154°43′E（No. 23）の水深195mで放流した45尾のうち7尾が再捕されている。このうち6尾は当年7月に捕獲され，いずれも195mの深海からNEの浅海に移動しており，他の1尾は翌年10月放流地点からSE/S，38浬で再捕された。また54°45′N，154°56′E水深85m（No. 30）で28尾を放流し5尾再捕された。この5尾は7月に4尾，8月に1尾と皆年内に捕えられ，その移動方向はWest, WSW, East, South と区々で一定した移動はみられないが，概してWSWの深海に向つている。

以上の結果からタラバガニの洄游について早急な結論を出すことは到底不可能であるが，生物調査による甲幅の測定，漁獲状況等の結果を参考にして，その洄游について考察を試みる。

Table 4. The results of tagged experiments on king crab

Liberation						Recapture				Days from liberation to recapture	Direction of migration	Distance of migration (mile)	Velocity of average per day (mile)
Date	Position		Depth (m)	Sex	width of carapace (cm)	Date	Position		Depth (m)				
	Lat.	Long.					Lat.	Long.					
30.6.10	54°33′ N	154°43′ E	195	M	18.4	30.7.4	54°42′ N	154°58′ E	83	24	NE	12.5	0.52
〃	〃	〃	〃	〃	16.2	7.5	54°41′ N	154°56′ E	88	25	NE	11.0	0.40
〃	〃	〃	〃	〃	17.8	7.5	54°41′ N	154°56′ E	88	25	NE	11.0	0.40
〃	〃	〃	〃	〃	15.4	7.7	54°35′ N	154°59′ E		27	E/N	9.5	0.35
〃	〃	〃	〃	〃	18.0	7.24	54°41′ N	155°03′ E		44	ENE	13.5	0.31
〃	〃	〃	〃	〃	17.4	7.30	54°44′ N	155°01′ E		50	NE1/2E	15.0	0.30
〃	〃	〃	〃	〃	16.0	31.10.7	54°03.′5 N	155°24.′5 E	64	536	SE/S	38.0	0.01
30.6.11	54°45′ N	154°56′ E	85	M	19.3	30.7.3	54°45′ N	154°48′ E		21	West	4.5	0.21
〃	〃	〃	〃	〃	18.0	7.3	54°43′ N	154°50′ E		22	WSW	4.0	0.18
〃	〃	〃	〃	〃	17.2	7.3	54°43′ N	154°50′ E		22	WSW	4.0	0.18
〃	〃	〃	〃	〃	17.2	7.8	54°45′ N	155°00′ E		27	East	2.5	0.09
〃	〃	〃	〃	〃	15.2	7.10	54°36′ N	154°58′ E	95	91	South	9.0	0.10

Remarks

Total number of liburation : 73
Total number ofrecapture : 12
Recapture percentage : 16.4%

6月に於けるタラバガニの雄は水深80m～90m附近に多く滞留している模様であるが，標識放流の結果深浅移動と水平移動を行つていることが分る。深浅移動についてみると，浅海のものは6月から7月にかけて緩慢ではあるが深海に移動しており，深海の195mで放流したものは，当時尚浅海に向つて洄游していた。これは先に接岸した群が浅海で生殖を終え，これより深海に移動する先行群と，遅れて接岸する後尾群とがあるためと考えられる。また水平移動については接岸の際は北に，離岸の時に南に偏し，その偏位の度合は南に移動する傾向が大きい。このことは丸川氏[10]の報告によつても明らかであるが，今後のタラバガニの漁獲量より判断される分布が北に厚く南に薄いこと，また甲幅の測定の項でも述べるように，南に高齢の大型のものが多く，北程若齢の小型のものが多いという事実等から，タラバガニは季節的に深浅移動をしながら年々南下する傾向を有しているものと推察される。

（2） 魚体調査

測定に用いた体長は Total length（全長）で吻長より尾鰭の先端までの長さを示す。

a． マダラ

標本調査回数15回，総数487尾でその平均体長は47.6cmであつた。雌雄の比は49%に51%と大体半々と推定される。産卵後のため生殖素は大型魚でも小さい。

体長組成をみると Fig. 8 の如くである。これより推定されることは，卓越群として38cmがあり，48cm，54cm，60cm，66cmの順になつている。これを年齢群とし，38cmを満2年の群と仮定すれば，3，4，5，6年群と考えられる。ソビエトに於ける調査[11]によると満1年で20cmになり，5，6年になつてからは1年間5cm程度の生長がみられるという。この資料からすると，前記の年齢群の推定は大体当つているようである。1934年から1939年にわたつて調べた資料によると，当海域沿岸の産業用マダラの平均体長は72.8cmで，小型の60cm以下5.43%，中型の60cm～78cmが60.72%大型の78cm～100cmは33.85%という比率で，6歳～9歳魚が主群を占めているという。これに対し底曳網による今回の調査では38cmが漁獲の3分の1を占めており，前記資料と甚だしい差異が認められた。これは前記資料が主として釣漁業によるものであるのに対し，今回の資料は底曳網によつて得られたという漁法の根本的な相違もあろうが，前記資料は沿岸のものであり，本資料は沖合であることに大きな原因があると考えられる。

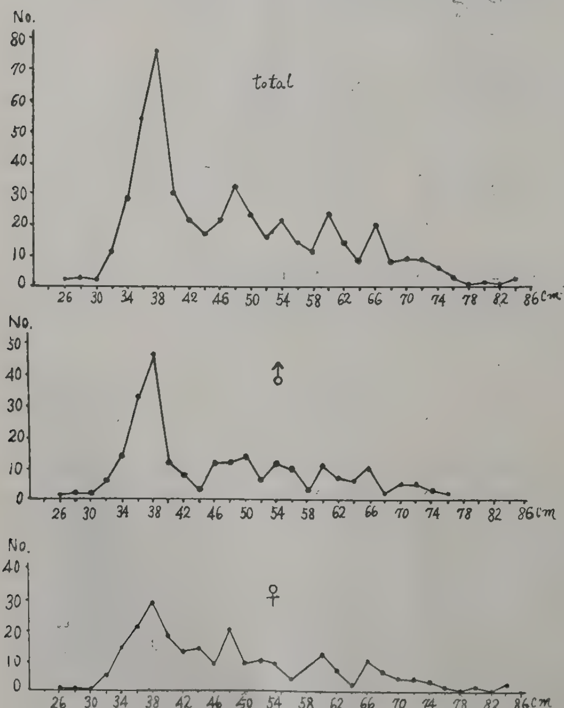


Fig. 8. Frequency distribution of body length of cod

食性に就ては240尾を調べた。それによると胃中から発見された魚類はスケトウダラが大半を占め，ホッキョクカジカ，キウリ，ニシン，カレイ類等で，甲殻類としてはタラバガニ，ホッコクアカエビ，トヤマエビ，ユーファシァ等がみられホッコクアカエビが最も多い。また軟体動物ではタコが稀に発見された。食性は以上のようであるが，年齢的にみると，高齢魚では魚類が多く，特にスケトウダラが大部分であつた。若齢の小型魚ではスケトウダラを食しているものはなく，ホッコクアカエビが多く20尾～40尾程度発見された。尚小型魚の中には2cm位の ***Euphausia pacifica*** を満腹していたものもあつた。

b．　スケトウダラ

標本調査は4回で計200尾を行つた。雌雄比は36%，64%て雄が多い。体長組成は Fig. 9の如くで，雌では36cmから44cmに及ぶ山があり，雄では40cm以下の主群がみられる。この結果今回漁獲されたスケトウダラは，小さく未成熟のものが主群をなしていたことが窺われる。

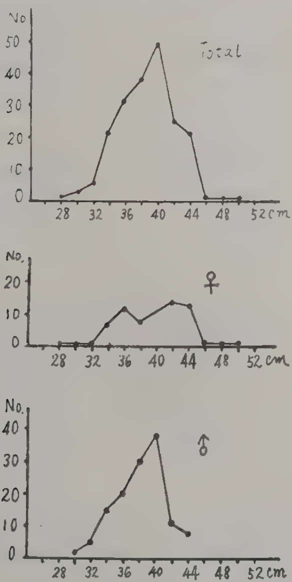


Fig. 9. Frequency ditribution of body length of Alaska pollack

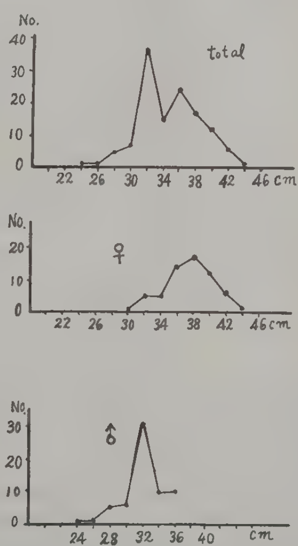


Fig. 10. Frequency distribution of body length of "Tsunogarei"

食性はマダラの若齢魚と類似しており，ホッコクアカエビが多く，ユーファシアも可成りみられた。

c．　ツノガレイ

3地点で125尾の測定を行つた結果によれば，雌61尾に対し，雄は64尾でほぼ同数である。体長組成は Fig. 10の如くで，平均体長は35.2cmである。性別の体長は雌が38cmに山があり，雄が雌より小さく32cmに山がみられる。

胃の内容物は緑色の2枚貝（2cm位）が圧倒的に多く，稀にホヤ，タコノマクラ等もみられた。

d．　ロスケガレイ

4地点で180尾について調べた。雌雄比率は59%に41%で雌の方が多い。平均体長は27.4cmで，その組成は **Fig. 11** の如く雌28cm，雄26cmに山がみられ，ツノガレイ同様雌が大きい。

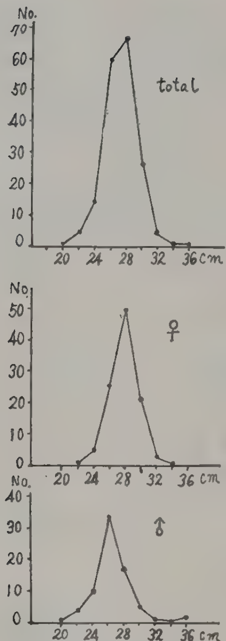


Fig. 11. Frequency distribution of body length of "Rosukegarei"

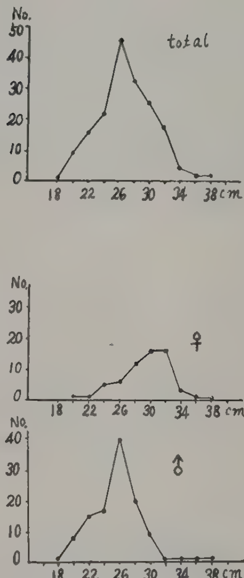


Fig. 12. Frequency distribution of body length of "Dorogarei" and "Umagarei"

胃の内容物は緑色の2枚貝及び直径2cm～3cmのタコノマクラ等が主で，外に小型のヒキガニ，ホッコクアカエビ等がみみられた。

e. ドロガレイ及びウマガレイ

測定は5地点で177尾を行つた。その雌雄比は35%に65%と雄が多い。体長組成は Fig. 12の如くで，雌は30cm～32cmに，雄で26cmの所に山がある。胃の内容物はホッコクアカエビが主で，ユーファシァ，緑色の2枚貝等も多く，時には小型のホッキョクカジカもみられた。

尚ドロガレイとウマガレイの判別が出来なかつたため一緒に扱つたものである。

f. カラスガレイ

カラスガレイは54°11′N，154°35′E の地点で漁獲した7尾について測定してみた。その平均体長は49.5 cm，平均体重 2340gr. で，雌雄比は2：5と雄が多かつた。

g. タラバガニ

タラバガニの標本調査回数は14回で，472尾を測定した。平均甲幅は153mm，雌雄の比率は31：441で，雌は僅か7%にすぎない。この雌は殆んどカフラン湾沖合の No. 80 及び No. 84 と北部漁場に於て漁獲されたものである。

甲幅についてみると雄は77mm～221mmの大きさで，150mm～180mmに於て最も多く，平均甲幅は158mmである。これを漁場別にみると'53°00′N～54°00′Nでは平均185mmと老齢のものが多く,54°00′N～54°45′Nで169mmと小さくなり，カフラン湾沖合の No. 80, No. 84 では平均甲幅111mm, 134mmと更に小型になり，

Table 5. The following is a list of fauna which were caught during this investigation

Japanese name (English name)	Scientific name
"Suketodara" (Alaska pollack)	*Theragra chalcogramma*(Pallas)
"Madara" (Cod)	*Gadus macrocephalus* Tilesius
"Hiregurogarei" (Flounder sp.)	*Glyptocephalus stelleri* (Schmidt)
"Samegarei (Flounder sp.)	*Clidoderma asperrimum* (Temminck & Schlegel)
"Tsunogarei" (Flounder sp.)	*Pleuronectes pallasii* Steindachner
"Hanagarei" (Flounder sp.)	*Limanda proboscidea* Gilbert
"Karafutogarei" (Flounder sp.)	*Limanda sakhalinensis* Hubbs
"Rosukegarei" (Flounder sp.)	*Limanda aspera* (Pallas)
"Shumushugarei" (Flounder sp.)	*Lepidopsetta bilineata* (Ayres)
"Dorogarei" (Flounder sp.)	*Hippoglossoides robustus* Gill & Townsend
"Umagarei" (Flounder sp.)	*Hippoglossoides elassodon* Jordan & Gilbert
"Ohyō" (Halibut)	*Hippoglossus stenolepis* Schmidt
"Karasugarei" (Flounder sp.)	*Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum)
"Aburagarei" (Arroow-toothed halibut)	*Atherestes evermanni* Jordan & Starks
"Norogenge"	*Allolepis hollandi* Jordan & Hubbs
"Kurogaji"	*Lycodes soldatovi* Taranetz & Andriashev
"Wanukegenge"	*Lycodes heinemanni* Soldatov
"Tenagakurogenge"	*Lycodes macrochir* Schmidt
"Kōrimedamaginpo"	*Lumpenus fabricii* (Cuvier & Valenciennes)
"Ikanago"	*Ammodytes personatus* Girard
"Kusauo"	*Liparis tanakae* (Gilbert & Burke)
"Togaribikunin"	*Liparis rhodosoma* Burke
"Togedango"	*Eumicrotremus togedango* Kuronuma
"Kōritokubire"	*Podothecus gilberti* (Collett)
"Inugochi"	*Percis japonica* (Pallas)
"Kemushikajika"	*Hemitripterus villosus* (Pallas)
"Sebirokajika"	*Gymnocanthus detrisus* Gilbert & Burke
"Togekajika"	*Myoxocephalus polyacanthocephalus* Pallas
"Nameyokosujikajika"	*Hemilepidotus jordani* Bean
"Kujakukajika"	*Mellete papilio* Bean
"Kitanohokke"	*Pleurogrammus monopterygius* (Pallas)
"Kuromenuke"	*Sebastes glaucus* (Hilgendorf)
"Kichiji"	*Sebastes macrochir* (Günther)
"Kyuriuo"	*Osmerus dentex* Steindachner
"Oshorokoma"	*Salvelinus malma* (Walbaum)
"Nishin" (Herring)	*Clupea pallasii* Cuvier & Valenciennes
"Kitanokasube" (Ray sp.)	*Breviraja abasiriensis* Ishiyama
"Kawayatsume"	*Lampetra japonica japonica* (Martens)
"Kanzashiboya"	*Sycozoa kanzasi* (Oka)
"Okinotezurumozuru"	*Gorgonocephalus caryi* Lyman
"Toyamaebi"	*Pandalus hypsinotus* Brandt
"Hokkokuakaebi"	*Pandalus borealis* Kroyer
"Hikigani"	*Hyas coarctatus altaceus* Brandt
"Zuwaigani"	*Chionoecetes opilio* O.Fabricius
"Aburagani"	*Paralithodes brevipes* Brandt
"Tarabagani" (King crab)	*Paralithodes camtschatica* Tilesius
"Mizubako" (Octopus sp.)	*Polypus dofleini* Wülker
"Ōmarufumigai"	*Venericardia crebricostata* Krause
"Ezoboragai"	*Neptunea lirata* Gmelin
"Ōyanagiumiera"	*Pavonaria finmarchica* Sars

南側に高齢の大型群が多く，北偏するに従つて小型群がみられる。雌の甲幅は雄に比較して可成小さく，70 mm～124mmに分布し，80mm～90mmに密で，平均甲幅は91mmであつた。

尚雌の漁獲は前述の如くNo. 80で80尾中24尾漁獲され最も多く，水深は78mと深いが，産卵場になつていた様に思われた。またNo. 84では6尾の漁獲があり，沿岸寄であつたため産卵群の一部が混獲されたものと考えられる。

h. アブラガニ

アブラガニはNo. 25及びNo. 26の両地点で78尾を測定し，平均甲幅133mmを得た。雌雄比は73：5と雌が圧倒的に多い。本種はタラバガニ同様雌が小さく雄は大きく，雌雄別の平均甲幅は131mm，166mmである。雌の73尾について生殖素をみると，102mm以下のもの3尾ありいずれも外卵なく，幼ガニに属するものではないかと思われる。これより大型の雌は総て成熟しており，既に放卵を終つたもの7尾，放卵中のもの及び放卵直前のもの63尾が観察された。

以上の結果から雌の多く漁獲された54°45′N，154°16′Eを中心とする深海区は，アブラガニの産卵場になつていたものと推定される。

（3） 棲息動物の種類

棲息動物の種属査定は，底曳網で漁獲したものの中から採集した標本を北大水産学部水産動物学教室小林喜雄氏に依頼して行つた（Table 5）。

Ⅳ 結 言

実日数僅か21日の短期間に53°00′N～58°30′N迄の広大な海域を調査したため，魚群の移動，海況の時期的変動及び海底状況等に関する綿密な資料を把握することは出来なかつたが，一定期間内の漁況，底魚の分布，海況並びに海底形状等の概要を知ることが出来たわけで，その結果底曳網漁業の対象として産業的に利用出来る漁場の面積は，凡そ2500平方浬であることが明らかとなつた。これに53°00′N以南の面積1200平方浬（昭和15年宮武技官調査報告書より20浬以沖の豊漁漁場を算出した）を加えると，カムチャッカ西海岸沖合の底曳網漁場面積は実に3700平方浬に達する。この有用漁場は日本沿岸のそれに比較して資源量に恵まれ，しかも未開発であるため底曳網漁場としては好個の場所として大きな期待がもたれる。

然し本漁場には重要魚種であるマダラは意外に少く，スケトウダラ，ツノガレイ，ロスケガレイ等の低廉魚が漁獲の大部分を占めていることや，漁場と根拠地との距離的関係から生ずる漁船の大型化，或は母船式かの操業形態の問題，更に冬期間の季節的な漁期の制約等があつて，当漁場を底曳網漁場として産業的に利用するまでには尚幾多の課題が残されている。

終りにあたり本調査研究の端緒を与え，更にその実施にあたつて御指導を賜つた水産庁栃内万一技官，現地に於て調査の便宜を計られた同山平喜一郎，同高橋昇の両技官，調査方法及び研究の取纒にあたつて有益な助言と批判を下さつた北海道大学水産学部斎藤市郎教授，同上野元一助教授，同小林喜雄助手，また資料の整理に終始協力された野口かの嬢の諸氏に対し，玆に記して衷心より感謝の意を表すると共に，調査船第15みなと丸加藤漁撈長以下乗組員の御協力に対しても深甚の謝意を表する次第である。

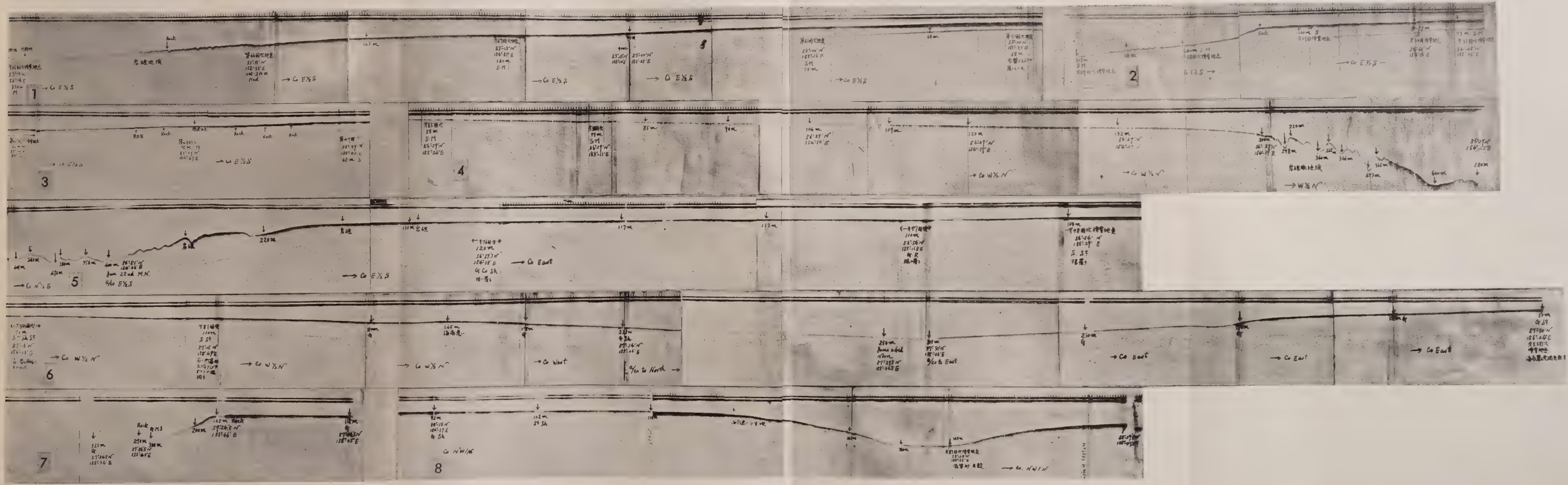
引 用 文 献

1） 佐藤六治（1940）．堪察加を中心とするソ連邦極東水域に於けるトロール漁業に就て．北洋漁業 1（7）．
2） 丸川久俊（1919）．オホーツク海金華山沖海洋，生物，漁場調査報告．漁業基本調査報告 7（2）．
3） 丸川久俊（1919）．海洋漁場調査報告．漁業基本調査報告 8（1）．
4） 田口喜三郎（1956）．北洋の鮭鱒漁業とその資源．東京；北洋資源研究協議会．
5） 須田皖次（1934）．日本近海表面水温の異常分布に就て．産業気象調査報告 4．
6） ペ・モイセエフ（1941）．カムチャッカ西海岸の鱈に関する新資料．北洋漁業 2（7）．

7) 宮武技手（未発表）．カムチャッカ西海岸の機船底曳漁業調査報告（昭和15年調査）．
8) 有井重治・上野武夫（1953）．カニ漁業．水産講座漁業篇 8．
9) 北海道立水産試験場編（1952）．北海道機船底曳網漁業の全貌．小樽；藤書房．
10) 丸川久俊（1933）．たらばがに調査．水産試験場報告．
11) ボルトフ（1941）．堪察加の鱒と鱒漁業．北洋漁業 2（5）．

PLATE I. Echo-image of the sea-bottom off the west coast of the Kamchatka Peninsula

1. Near lat. 53°00′N line
2. Lat. 54°45′N line
3, Lat. 55°39′N line
4. Lat. 56°29′N line
5. Neai lat. 56°54′N line
6. Lat. 57°15′N line and 57°30′N line
7. Lat. 57°54′.5N line
8. Entrance of Penjinskii Bay



T. MAEDA : Echo-Image of the Sea-Bottom

水産動物筋肉中の有機燐酸化合物に関する研究—VI

イカ筋肉中の核酸系化合物の変化に及ぼす貯蔵温度の影響

斎藤恒行・新井健一・田中ツネ
（北海道大学水産学部水産化学教室）

Studies on the Organic Phosphates in Muscle of Aquatic Animals VI.

Effects of storing temperature upon the content of muscular nucleotides of squid.

Tsuneyuki SAITO, Kenichi ARAI and Tsune TANAKA

Abstract

Fresh muscles of squid were stored at −6°C. for 50 hours or at 17°C. for 24 hours. The changes in amounts of nucleotides, nucleosides and purine bases during these periods of storage have been followed by the techniques described previously. The results may be briefly stated as follows:

1) Values of ATP for fresh muscle of squid (μmole/g. muscle wet wt.) were 5.5〜8.3. ATP was the main component of acid soluble nucleotides.

2) During the cold storage at −6°C. there was a rapid splitting of ATP accompanying the formation of AMP which furthermore was converted to inosine and then to hypoxanthine. In these cases IMP, found in carp muscle predominantly as a result of slow freezing, could not be observed.

3) When fresh muscle was held at 17°C. the changes occurred more rapidly than those observed at −6°C; as a result a large amount of hypoxanthine was accumulated.

4) According to the fact that in muscle homogenates adenosine was deaminated very rapidly, it may be considered that the major pathway for the conversion of AMP to inosine is via adenosine rather than via IMP.

著者らはさきに水産動物筋肉としてコイ筋肉を選び，筋肉中の酸可溶性核酸成分と貯蔵温度との関係について報告を行つた[1)2)3)4)]。又軟体動物としてイカ筋肉を用いて −6°C 附近で緩慢凍結を行い，筋肉内に起る核酸成分の変化を検索し，コイ肉の場合に於ける変化に比して特異な現象を認めたので速報したが[5)]，更に17°C 附近の温度で筋肉の自己消化を行つた際に起る同成分の変化をも併せ検討し知見を得たのでここに報告する。

実験方法

試料としてはいけすに生かしてあるマイカ（スルメイカ）を使用した。酸可溶性核酸成分の分析はイオン交換樹脂法並びにペーパークロマトグラフ法によつて行つた。之等の方法の詳細に関しては既述の通りである[2 4)]。筋肉の緩慢凍結（−6°C 附近），自己消化（17°C）の方法及び経過時間と共に採肉分析を行うことも，又 Nucleotide の酸分解及びそれ等の Norite 処理に就ても既に述べた[2)]。

実験結果

新鮮なイカ筋肉中の酸可溶性核酸成分のイオン交換樹脂からの分離曲線を第1図に示した。

第1図の結果から，新鮮なイカ筋肉では，酸可溶性核酸成分の主成分は ATP であつて，筋肉1g 当り約 8.28μM を占め ADP，AMP は各々1.52，0.50μM の量にすぎないことが分つた。又 Adenine 以外の Purine,

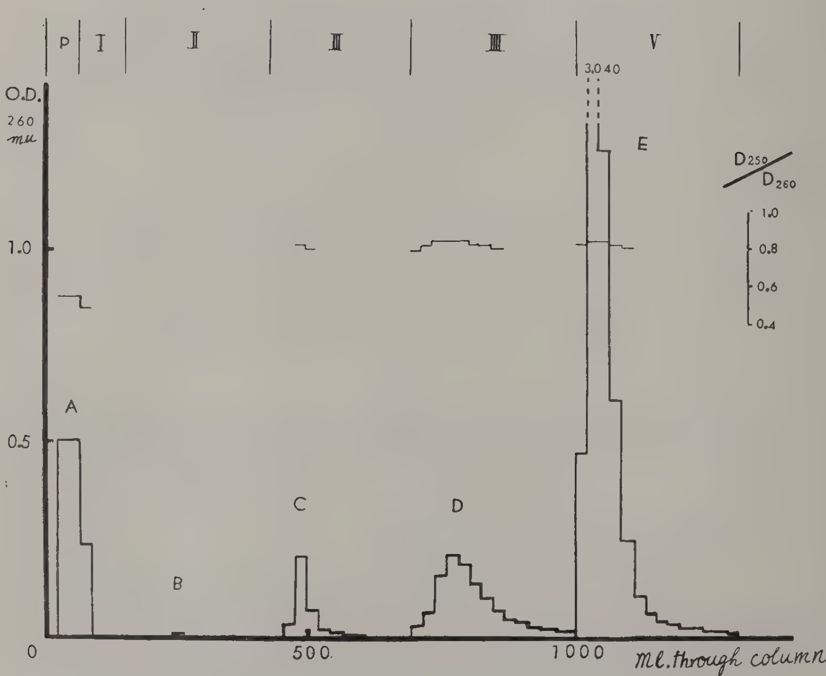


Fig 1 Separation of adenine nucleotides of squid muscle by ion exchanger
Exchanger : Amberlite IRA-400, Flow speed : 1 ml./min.
Solvent : P…Passed solution, I…0.01 M NH_4Cl-0.1 M NH_4OH, II…0.01 M NH_4Cl, III… 0.005 M HCl, IV… 0.02 M NaCl-0.01 M HCl, V… 0.2 M NaCl-0.01 M HCl
A… Unknown compound, B… Inosine+Hypoxanthine, C… AMP, D… ADP, E… ATP

Pyrimidine を含む核酸構成成分が殆んど存在しないことは，分画した各物質の酸分解液（N HCl, 100°C, 120分）が $\lambda_{max.}=260m\mu$, $D_{250}/D_{260}=0.78$, $D_{280}/D_{260}=0.20$を示す事実並びにこの分解液についてペーパークロマトグラフィーを行つた処，1ケのスポットしか検出されず而もそれが標準の Adenine と全く同一のRfを与えることからも想像される。

1） 筋肉の緩慢凍結と酸可溶性核酸成分の変化[5]

新鮮な筋肉を－5°～－6°C で緩慢に凍結を行つた場合の酸可溶性核酸成分の変化と凍結時間との関連を第2図に示した。

筋肉は大体2～3時間の間に外観的には凍結を完了するが，この場合は凍結という物理的現象とは余り関係なく ATP は減少し，それと対照的に AMP が漸次増加し，20時間を経過してから徐々に減少の傾向をたどる。又 ADP は8時間附近迄は僅かに増加するが，その後は減少する。之等の一連の変化の過程では IMP の蓄積と云う現象は全く認められなかつた。この点はコイ筋肉に於ては緩慢凍結によつて IMP が著しく蓄積する事実[1] と比較して誠に興味が深い。更に貯蔵時間が経過するに従つて Inosine が，次いで僅少の Hypoxanthine が徐々に生成してくる。

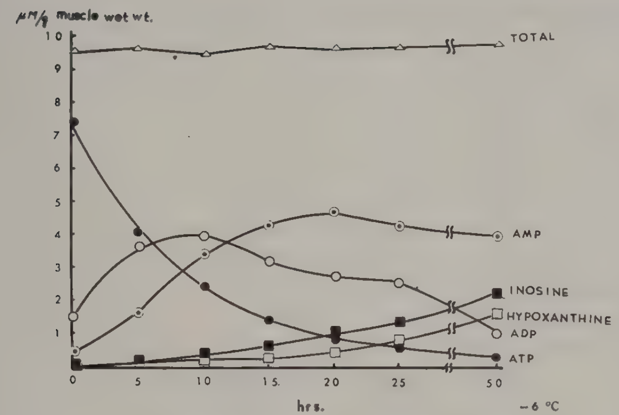


Fig. 2 Changes in adenine nucleotides of squid muscle by slow freezing

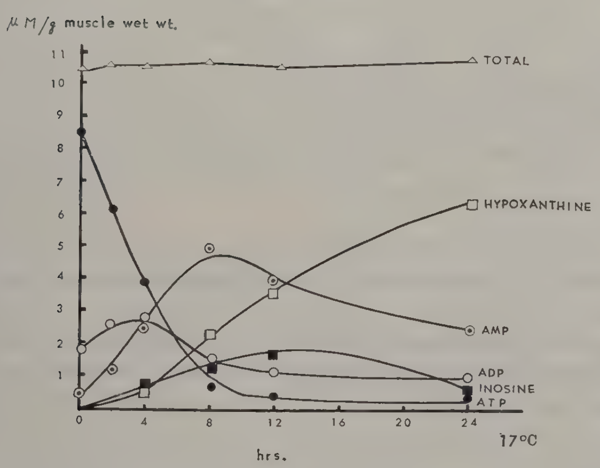


Fig. 3 Changes in adenine nucleotides of squid muscle at room temperature

2） 筋肉の自己消化と酸可溶性核酸成分の変化

新鮮な筋肉を＋17°C±1°Cで放置し，この際におこる酸可溶性核酸成分の変化を第3図に示した。

図によつても明らかなように，＋17°Cに於ては，−6°Cに於て認められた成分の変化が極めて速かに行なわれることが分つた。即ち，ATPが急速に減少し，対照的にADPは僅かに増大するが直ちに減少し，AMPは8時間前後まで急増し次いで減少して行く傾向が示された。但し反応生成物としては，Inosineは余り増加せず，14時間に至るまでに僅かに増加するのみでその後は減少の傾向をたどつている。一方 Hypoxanthine の増加の割合は−6°C の増合に比較すると非常に速く，大量に蓄積されて行く事実が明らかとなつた。尙この自己消化の過程に於ては，時間の経過と共に分画された ADP区分の D_{250}/D_{260} が 0.9〜1.0 を示すことから，8時間以後になるとこの区分に IMP が混在する可能性が考えられる。このIMPの生成の度合に関しては再検討を要するが，生成したとしてもその量は余り多くないと考えている。イカ筋肉中の酸溶性核酸成分の変化はコイ筋肉中のそれに比較して甚だ速い傾向がある。例えば ATP が死後約50%にまで減少するに要する時間は，コイでは20°C で12時間であつたが，イカでは17°C で4時間にすぎなかつた。従つてイカを捕獲した後の貯蔵温度，時間及び処理が酸可溶性核酸成分に大きな影響を与えるであろうことは容易に推察される。種々の条件のイカについて得られた結果を第1表に示す。

即ち非常に変化は速かであつて，刺身として食ぜんに供することのできる程度の筋肉であつても ATP は殆んど消失していて AMP と Inosine，Hypoxanthine が主成分をなしている。

Table 1. The amounts of adenine nucleotides in squid muscle

	μM/g mus. wet wt.					Remarks
	Inosine	AMP	ADP	ATP	Total	
Loligo bleekeri Keferstein "YARIIKA"	0.57	4.68	1.57	0.66	7.48	D
	0.19	2.19	2.42	3.12	7.92	D
	0.20	3.62	1.68	1.21	6.71	C
Ommastrephes sloani pacificus Steenstrup "SURUMEIKA"	0.56	6.82	1.42	0.36	9.16	C
	0.25	1.57	2.76	5.66	10.24	B
	0.01	0.50	1.52	8.28	10.31	A
	0.01	0.39	1.53	7.48	9.41	A
	0.00	0.31	1.18	7.90	9.39	A

A : freshly killed, the muscle cut off, immediately extracted.
B : freshly killed, the muscle cut off, stored at 0°C. for 1 hr. and then extracted.
C : freshly killed, stored in ice for 4–5 hr. and then extracted.
D : fresh muscle in market.
A.B (body length=30–35cm), C.D (body length=20–25cm.)

前述の通りイカ筋肉中に於てはAMPから Inosineを生ずる可能性が考えられるので，Adenosine deaminase による脱アミノ機構が当然想像される。そこで筋肉のホモジネートを用いて Adenosine deaminase の活性の有無を検討した。その結果を第2表に示す。

但し本実験では酸素の調製，実験方法等に考慮の余地が多く残つているが，その一般的な傾向としてイカ筋肉中に強い Adenosine deaminase 作用の存在することは察知される。従つて AMP は Adenosine を経て Inosine に変る経路の方がむしろ強力であろうと考えられる。

考　　察

著者らが既に報告した[2)4)] 処によれば，コイ肉に於ける酸可溶性核酸成分の変化は次図に示されるものが最もその可能性が大であろうと考えた。

$$\text{ATP} \longrightarrow \text{ADP} \longrightarrow \text{AMP} \xrightarrow{\text{脱アミノ}} \text{IMP} \longrightarrow \text{Inosine} \longrightarrow \text{Hypoxanthine}$$

即ち筋肉のある状態で IMP の蓄積が起るのは筋肉中に存在する Adenylate deaminase の作用によつて AMP →IMP の変化を生ずるものと考えた。このことは筋肉のホモジェネート中で添加した AMP が速かに IMP に変化する事実[6)] によつても容易に想像される。尚本酵素の詳細については別の機会に報告する。然しながら軟体動物の試料として選んだイカ筋肉に於ては之等の物質の変化経路は次のように推定される。

$$\text{ATP} \longrightarrow \text{ADP} \longrightarrow \text{AMP} \longrightarrow (\text{Adenosine}) \xrightarrow{\text{脱アミノ}} \text{Inosine} \longrightarrow \text{Hypoxanthine}$$

このことは筋肉中に強力な Adenosine deaminase の作用が認められる点から推定したのであるが，他方AMP

Table 2. Adenosine deaminase activity of squid muscle

Reaction time (min.)	Compd. found (μM) \ Substrate	Adenosine	AMP	IMP
20	Adenosine	3.30		
	Inosine	2.52		
	AMP		3.56	
	IMP		1.43	3.98
60	Adenosine	0.00		
	Inosine	6.10		
	AMP		3.58	
	IMP		1.42	4.00

Muscle homogenate: 50 gr. of squid muscle was homogenated into 100 ml. water, dialysed against distilled water at 0°C. for 2 days, filtered through thin cloth, diluted with the same volume of water, stored at -6°C.

Reaction mixture: 2 ml. of succinate buffer (pH 6.1), 0.2 ml. of homogenate, Substrate; Adenosine (6.19 μM), AMP (5.20 μM), or IMP (4.16 μM), 35°C. 20-60min.

の脱アミノ作用も全然認められないと云う事実はなく，特に貯蔵温度が高いときに ADP 区分に IMP が混在すると考えられるような現象が認められた。この現象に関しては従来種々の無脊椎動物について報告[7)8)]があり，何れも Adenylate deaminase の活性が殆んどないか或はあつても非常に弱いとされている。以上の事実を総合すれば筋肉中に於て AMP から Inosine を生ずる変化は，AMP→Adenosine→Inosine が主流をなすものであつて，AMP→IMP→Inosine の変化は行われるとしても非常に少ないものであろうと結論できる。尚著者らは無脊椎動物としてアワビ，ホツキ等の貝類についても興味ある事実を発見しているが後報にゆずる。更に著者らが現在迄に得た結果からイカ筋肉及びコイ筋肉中に於ける之等の物質の変化を比較してみると，緩慢凍結の場合に於てコイでは筋肉が凍結完了する3－5時間の短時間に ATP→IMP の変化が急速におこるが，イカの筋肉では凍結完了後20時間にわたつて徐々に ATP→AMP の変化が起り，且つ IMP の生成は全く認められなかつた。然しその後の変化に於て Inosine, Hypoxanthine の生成してくる速さはイカ筋肉の方が大である。又自己消化の場合では既に述べたようにイカ筋肉中に起る変化は非常に速く起る。殊に Hypoxanthine が塩基の最終生成物として急速に蓄積して行く事実は，コイ筋肉に於て Inosine と Hypoxanthine がほぼ対等にゆつくり増加して行く事実と甚だ対照的である。又イカ筋肉中には1g中に ATP は 5.7～8.3μM；ADP は 1.2～2.8μM が含まれているが，この値は同様の分析法で得られたコイ筋肉の ATP, 4.8～5.9μM；ADP, 0.6～1.0μM 及び Codling について得られた ATP, 5.3μM；ADP, 0.6μM[9)] 等の値に比較すれば遙かに多く，又家兎を含む哺乳動物の筋肉について従来報告された分析値[10)]をもしのぐものである。このことはイカの活動性を併せ考えて興味あるばかりでなく，Adenine nucleotide 類の有力な調製資源

となり得る可能性を示すものであろう。

要　　約

イカ筋肉を－6°C 或は17°C に保つて筋肉中の酸可溶性核酸成分の変化を追跡して次の結果を得た。

1） 新鮮なイカ筋肉中の ATP の量は筋肉 1 g 当り 5.5～8.3μMol であり，然も酸可溶性核酸の主成分であつた。

2） －6°Cで冷却保存すれば，ATPは速かに減少し他方AMPは増加し更に之はInosine及びHypoxanthineに変る。この場合にコイ筋肉中に於けるような IMP の生成は認められなかつた。

3） 新鮮な筋肉を 17°C に保存すれば，変化は更に早くなり，可成の量の Hypoxanthine の生成が認められた。

4） 筋肉ホモジェート中で Adenosine は速かに脱アミノされることから，AMP から Inosine を生ずる経路は主として Adenosine を経て行われるものではないかと考えられる。

尚本研究は水産庁応用試験研究費補助金によつた。ここに感謝の意を表す。

文　　献

1） 斎藤恒行・新井健一 (1957). 日水誌 22, 596.

2） ――――・―――― (1957). 日水誌 23, 265.

3） ――――・――――. 未発表

4） Saito, T. & Arai, K. (1957, 1958). *Nature* 179, 820; *Arch. Biochem. Biophys.* 73, 315.

5） ――――, ―――― & Tanaka, T. (1958). *Nature* 181, 1127

6） 斎藤恒行・新井健一 (1957). 日水誌 23, 579.

7） Perry, S. V. (1956). *Physiol. Rev.* 36, 47.

8） Maruyama, K. & Tonomura, Y. (1957). *J. Reserch Inst. for Catalysis Hokkaido Univ.* 5, 55.

9） Jones, N. R. & Murray, J. (1957). *Biochem. J.* 66, 5P.

10） 宮崎英策・内田倖喜・佐藤寛 (1954). 札医誌 5, 371.

結晶鯨インシュリンに関する研究

第4報　抹香鯨及イワシ鯨インシュリンの構造

伊　藤　裕　三

(北海道大学水産学部水産化学教室)

Studies on Crystalline Whale Insulin

IV. Structure of Sperm- and Sei-whale Insulins

Yasuzo ITÔ

Abstract

As reported in previous papers[1], the authors have observed that the amino-acid composition of whale (sei-) insulin differs from that reported by Sanger *et al*[4]. Furthermore, I have recently re-examined the amino-acid analyses of sperm- and sei-whale insulins (whole insulin and both glycyl (A) and phenylalanyl (B) chains of oxidized insulin, respectively). From these experiments it has been confirmed that in sperm insulin each amino-acid content agrees well with the values obtained by Sanger *et al.*; but in sei-whale insulin the content differs from their reports, namely, it contains an alanine instead of an isoleucine residue in the A chain.

Then, I have compared the amino-acid sequences in both insulins with that reported by Sanger *et al.* The B chains were found to have the same sequence as Sanger's, but species differences found in A chain were on the residues occupying positions 8-10; namely, the sequence in sperm insulin Thr. Ser. Ileu (identical with Sanger) and in sei-whale insulin Ala. Ser. Thr.

緒　　言

前報[1]にては結晶イワシ鯨インシュリンの構成アミノ酸の完全分析を行い，牛・豚・羊・馬等[2,3)4)]陸上動物のインシュリンとは若干アミノ酸組成を異にする事を報告したが，鯨インシュリンに就てのSanger[4]の報告とは相異するので，之を検討する為に新たに抹香鯨インシュリンと更にイワシ鯨インシュリンに就ては A-鎖とB-鎖に分別して夫々のアミノ酸の完全分析を試みた。所が抹香鯨インシュリンでは Sanger の結果と一致したがイワシ鯨インシュリンでは矢張り Sanger とは異り，Ileu 1 分子少くその代りに Ala 1分子多く含有する事が確認せられた。更にアミノ酸の結合順序も抹香鯨ではA8 -10が，Thr. Ser. Ileuであるのに対し，イワシ鯨では Ala. Ser. Thr を示し両種間に明かに相異を示す結果が得られたのでこゝに報告する。

実　　験

試料

イワシ鯨(*Balaenoptera borealis* Lesson) インシュリンは前報[5]の当教室製結晶標品，抹香鯨 (*Physecter catodon* Linnaeus) インシュリンはイワシ鯨と同様処理して得られた当教室製結晶標品及び大洋漁業横須賀工場製のものを再結して供試。イワシ鯨ペプシン[6]は当教室製結晶標品。豚ペプシンは Worthington Chemical Laboratory (U.S.A.) 製結晶標品。以上何れも4—7回再結して充分精製を行つて供試した。

方法

アミノ酸分析は前報と同様 Moore & Stein 法[7]に従つて行い，別に CyS の定量は Schram, Moore, & Bigwood 法[8] Tyr の定量を Goodwin & Morton[9]の紫外部吸収測定による方法を併用した。

インシュリンの過蟻酸酸化及びA・B両 fraction の分別は Sanger の方法[9] に従い，A-鎖のアミノ酸結合順序の決定は Sanger[10] の方法に準じ，先づ A-fraction を酸及びペプシンで部分水解を行い生成 peptides を濾紙電気泳動，一次元及び二次元 paper chromatography を併用して分別，個々の peptide は DNP 法でアミノ末端，酸分解により構成アミノ酸を夫々 paper chromatography で同定し Sanger の結果と比較対照して行つた。

実験結果並に考察

I アミノ酸定量分析

抹香鯨インシュリン及びイワシ鯨インシュリンA, B 両 fraction の夫々に10倍量の 6 N HCl を加え封管の下110°Cて24時間，48時間，72時間水解後過剰の HCl を除去，pH を調節定容後一定量を供試した。

A. 抹香鯨インシュリン

抹香鯨インシュリンのアミノ酸定量分析の結果は Fig. 1 a, Fig. 1 b 及び Table 1 に示す如くである。アミノ酸の酸による分解に対する補正は Thr, Ser, Tyr に対しては水解の零時間えの外挿法，Glu 及び Phe は72時間水解値他は各時間の平均値を採つた。Table 1 に示す如く全く Sanger の結果と一致するアミノ酸組成である。

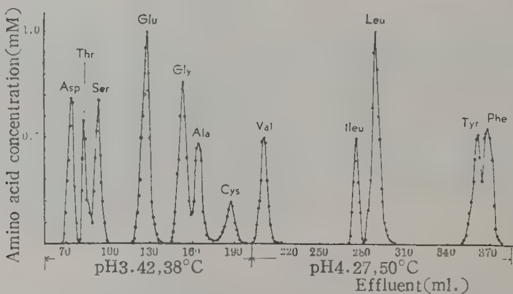


Fig. 1a. Typical effluent curves for 24-hour hydrolysate of sperm-whale (100cm. column of Dowex 50-X8)

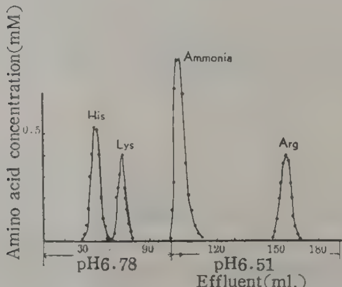


Fig. 1b. Typical effluent curves for 24-hour hydrolysate of sperm-whale (15cm. column of Dowex 50-X8)

Table 1. The amino-acid composition of sperm-whale insulin

Amino acid	Amino acid per 100g. protein	Amino acid residues per 100g. protein	N as % of total N	No. of residues per mole of insulin
Aspartic acid	6.76±0.01 g	5.85±0.01 g	4.57±0.01	3.04±0.01
Threonine*	4.12	3.49	3.12	2.08
Serine*	4.92±0.28	4.07±0.23	4.21±0.24	2.81±0.11
Glutamic acid	16.29±0.11	12.59±0.10	9.97±0.07	6.65±0.05
Proline	1.46	1.23	1.14	0.76
Glycine	5.06±0.01	3.84±0.01	6.07±0.01	4.04±0.01
Alanine	3.34±0.02	2.66±0.02	3.38±0.02	2.24±0.01
Cystine**	11.09	9.43	8.30	2.77
Valine	8.45±0.07	7.15±0.06	6.49±0.05	4.33±0.04
Isoleucine	4.08±0.01	3.52±0.01	2.80±0.01	1.87±0.01
Leucine	13.67±0.19	11.80±0.16	9.39±0.13	6.26±0.09
Tyrosine*	11.86±0.09	10.67±0.08	5.89±0.04	3.93±0.03
Phenylalanine	8.19	7.29	4.46	3.02
Histidine	4.88±0.07	4.31±0.06	8.50±0.12	1.88±0.03
Lysine	2.64±0.09	2.32±0.08	3.26±0.11	1.08±0.04
Arginine	3.21±0.15	2.87±0.13	6.63±0.31	1.10±0.05
Ammonia	……	……	9.82	6.28
Total	110.02	93.09	98.00	

* Extrapolated to zero time of hydrolysis
** Measured as cysteic acid but calculated as cystine

B. イワシ鯨インシュリン

前報[1]のイワシ鯨のインシュリンのアミノ酸分析を再検討する為に，より正確を期して A・B 両 fraction に分別して夫々の分析を試みた。A-fraction に対する結果は Fig. 2 及び Table 2，B-fraction に対する結果は Fig. 3a, Fig. 3b 及び Table 2 に示す如くである。アミノ酸の酸による分解の補正は前に述べた様に Thr, Ser, Tyr に対しては水解零時間えの外挿法，Glu 及び Phe は72時間の水解値他は各時間の平均値を採つた。

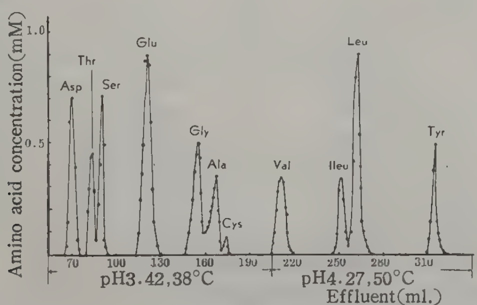


Fig. 2. Typical effluennt curves for 24-hour hydrolysate of A-fraction of sei-whale insulin (100cm. column of Dowex 50-X8)

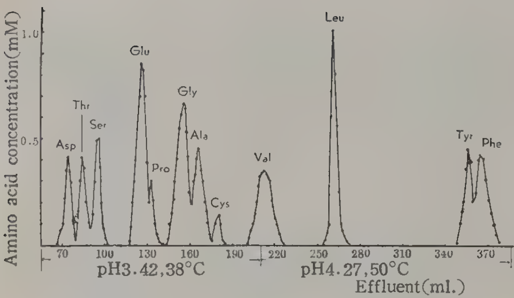


Fig. 3a. Typical effluent curves for 24-hour hydrolysate of B-fraction of sei-whale insulin (100cm. column of Dowex 50-X8)

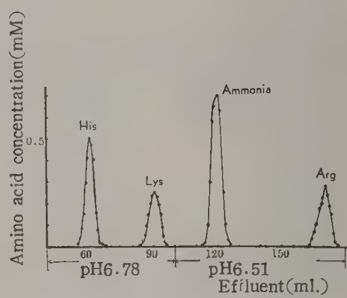


Fig. 3b. Typical effluent curves for 24-hour hydrolysate of B-fraction of sei-whale insulin (15cm. column of Dowex 50-X8)

Table 2. The amino-acid composition of A- and B-fraction of sei-whale insulin

Amino acid	Amino acid per 100 g. protein		Amino acid residues per 100 g. protein		N as % of total N		No. of residues per mole	
	A-fraction	B-fraction	A-fraction	B-fraction	A-fraction	B-fraction	A-fraction	B-fraction
	g	g	g	g				
Aspartic acid	12.63	4.11	10.92	3.56	8.52	2.79	2.37	1.18
Threonine*	6.36	3.62	5.40	3.08	4.77	2.73	1.34	1.06
Serine*	9.71	3.80	8.04	3.17	8.30	3.27	2.31	1.27
Glutamic acid	21.40	13.38	18.77	11.73	13.06	8.22	3.64	3.18
Proline		2.81		2.37		2.21		0.86
Glycine	3.54	6.88	2.69	5.23	4.24	8.29	1.18	3.21
Alanine	3.84	4.96	3.06	3.95	3.87	5.02	1.07	1.95
Cystine/2**	19.00	6.05	16.15	5.14	14.19	4.55	3.96	1.76
Valine	5.67	9.28	4.80	7.86	4.34	7.16	1.21	2.78
Isoleucine	6.21		5.36		4.26		1.18	
Leucine	10.92	15.81	9.42	13.90	7.87	10.90	2.08	4.22
Tyrosine*	15.75	10.22	14.18	9.20	7.82	5.10	2.18	1.98
Pheylalanine		12.97		11.54		7.10		2.75
Histidine		7.19		6.32		12.56		1.62
Lysine		3.29		2.88		4.07		0.79
Arginine		4.03		3.61		8.37		0.81
Ammonia	......	......	......	......	14.02	4.24	3.96	1.69
Total	115.03	108.40	98.80	93.53	95.70	96.58		

* Extrapolated to zero time of hydrolysis
** Measured as cysteic acid but calculated as half-cystine

今回の両ペプチドに分別しての分析値を前報と[1]比較すると, "whole molecue" に対する残基数に於て Ileu と Leu, Tyr と Phe に於て夫々1分子宛の入れ替りが見られる。之で Sanger の結果に一層接近した事になるが, 明らかに Ileu 1分子少く代りに Ala, 1分子多い事が確認されるに至つた。以上の結果を之迄のインシュリンと対照して纏めると Table 3 の如くになる。即ち抹香鯨インシュリンは Sanger 等の報告した豚・鯨と全く一致するが, イワシ鯨インシュリンでは Ala, Ileu に相異が見られ, この相異はA一鎖に由来

することも又明らかに認められる。A一鎖につきイワシ鯨インシュリンと他の5種を比較するならば，Asp, Glu, CyS, Leu, Tyr は共通，Thr は豚，馬と同一，Ser は豚，牛と同一，Gly は豚，牛と同一，Ala は牛，羊と同一，Val は豚，馬と同一，Ileu は牛，羊と同一である。

この様な抹香鯨とイワシ鯨両インシュリンのアミノ酸組成の相異を更に確認する為に次のA一鎖のアミノ酸結合順序を検討した。

Table 3. Amino-acid compositon of each insulin from different sources

Amino acid	Sei-whale			Sperm whale	Pork[3] and whale[4]			Cattle[3]			Sheep[3]			Horse[4]		
	A	B	Total		A	B	Total	A	B	Total	A	B	Total	A	B	Total
Asparticacid	2	1	3	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3
Threonine	1	1	2	2	1	1	2		1	1		1	1	1	1	2
Serine	2	1	3	3	2	1	3	2	1	3	1	1	2	1	1	2
Glutamic acid	4	3	7	7	4	3	7	4	3	7	4	3	7	4	3	7
Proline		1	1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
Glycine	1	3	4	4	1	3	4	1	3	4	2	3	5	2	3	5
Alanine	1	2	3	2		2	2	1	2	3	1	2	3		2	2
Cystine	2	1	3	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	2
Valine	1	3	4	4	1	3	4	2	3	5	2	3	5	1	3	4
Isoleucine	1		1	2	2		2	1		1	1		1	2		2
Leucine	2	4	6	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
Tyrosine	2	2	4	4	2	2	4	2	2	4	2	2	4	2	2	4
Phenylalanine		3	3	3		3	3		3	3		3	3		3	3
Histidine		2	2	2		2	2		2	2		2	2		2	2
Lysine		1	1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
Arginine		1	1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
Ammonia	4	2	6	6	4	2	6	4	2	6	4	2	6	4	2	6

II　アミノ酸結合順序

A.　鯨及び豚ペプシンによる水解生成ペプチドの検索

試料A-fraction 20 mg を N/100 HCl 2.5 ml に溶解ペプシン 1 mg を加え，37°Cで48時間作用せしめた後100°C 10分間加熱，酵素作用を停止せしめ，凝固物を遠心除去し，得られた上清を乾固後小量の蒸溜水に溶解，之を phenol：水（4：1）及び butanol：酢酸：水（4：1：5）両 solvent system で2次元 paper chromatography により各ペプチドに分別した。分離されたペプチドは切り取り蒸溜水で抽出し，濃縮乾固後，6N HCl で 105°C 12時間加水分解し構成アミノ酸を paper chromatography により同定した。又上記と同様操作で分別したペプチドを1％ trimethylamine にて抽出し DNFB にて DNP 化し，ペプチドのアミノ末端基を paper chromatography で同定した。

抹香鯨インシュリンの A-fraction の豚ペプシンと鯨ペプシンによる水解生成ペプチドの分別及びその構成アミノ酸の検索は夫々 Fig. 4 a, Fig. 4 b 並びに Table 4 a, Table 4 b に示す如くである。

又イワシ鯨インシュリンの A-fraction の豚ペプシンと鯨ペプシンによる水解生成ペプチドの分別及びその構成アミノ酸検索は夫々 Fig. 5 a, Fig. 5 b 並びに Table 5 a, Table 5 b に示す如くである。

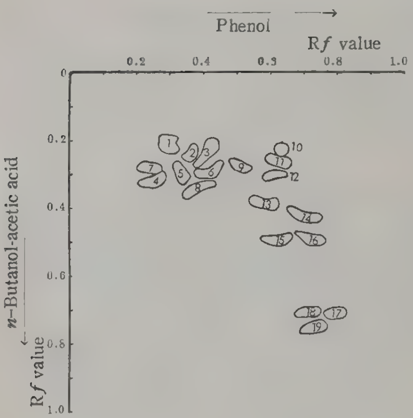


Fig. 4 a. Chromatograms of peptic (pig pepsin) hydrolysate of A-fraction of sperm-whale insulin. Run first in phenol-water (4 : 1, by vol.) and then in *n*-butanol-acetic acid-water (4 : 1 : 5, by vol.)

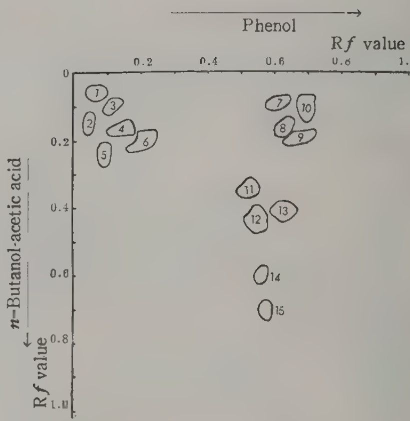


Fig. 4 b. Chromatograms of peptic (whale pepsin) hydrolysate of A-fraction of sperm-whale. Run first in phenol-water (4 : 1, by vol.) and then in *n*-butanol-acetic acid-water (4 : 1 : 5, by vol.)

Table 4 a. Peptides from peptic (pig pepsin) hydrolysate of A-fraction of sperm-whale insulin (See Fig. 4 a)

Spot	Peptides identified
1	[Val, ? Glu ?]
2	Uncertain
3	Glu. Asp. Tyr. $CySO_3H$. Asp
4	Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Thr. Ser
5	Ser. Leu. Tyr. Glu
6	Uncertain
7	Glu (free)
8	Ileu. $CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu
9	Gly. Ileu. Val. Glu
10	Tyr. Glu
11	Leu. Glu. Asp. Tyr. $CySO_3H$. Asp
12	$CySO_3H$. Asp
13	[Glu, ? $CySO_3H$?]
14	Tyr. Glu. Leu
15	Ser. Leu. Tyr. Glu
16	Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Thr. Ser
17	Glu. Asp
18	Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Thr. Ser
19	Leu. Glu. Asp

Table 4 b. Peptides from peptic (whale pepsin) hydrolysate of A-fraction of sperm-whale insulin (See Fig. 4 b)

Spot	Peptides identified
1	$CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu
2	Glu. Asp. Tyr
3	$CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu
4	Glu. Asp. Tyr
5	Ser. Leu. Tyr. Glu
6	$CySO_3H$. Ser
7	Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Thr. Ser
8	Ileu. $CySO_3H$. Ser
9	Gly. Ileu. Val. Glu
10	Leu. Glu. Asp
11	Ser. Ileu. $CySO_3H$
12	Ser. Leu. Tyr. Glu. Leu. Glu. Asp. Tyr
13	Leu. Glu. Asp
14	$CySO_3H$. Asp
15	Glu. Asp

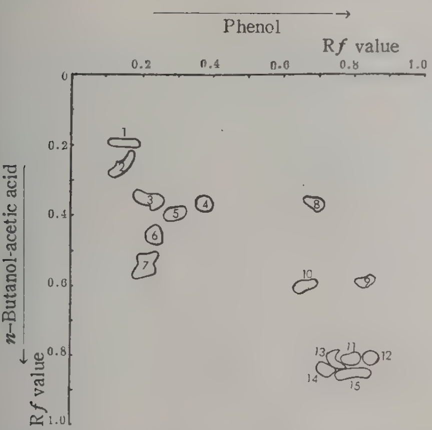


Fig. 5 a. Chromatograms of peptic (pig pepsin) hydrolylsate of A-fraction of sei-whale insulin. Run first in phenol-water (4 : 1, by vol.) and then in *n*-butanol-acetic acid-water (4 : 1 : 5, by vol.)

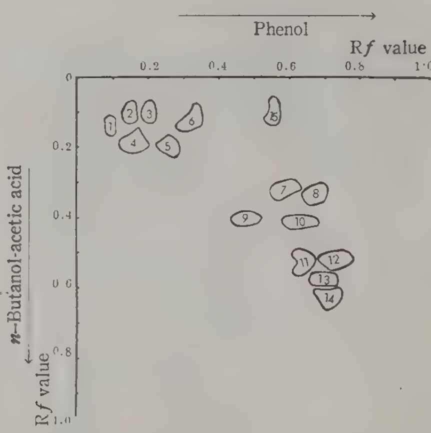


Fig. 5 b. Chromatograms of peptic (whale pesin) hydrolyste of A-fraction of sei-whale insulin. Run first in phenol-water (4 : 1, by vol.) and then in *n*-butanol-acetic acid-water (4 : 1 : 5, by vol.)

Table 5 a. Peptides from peptic (pig pepsin) hydrolysate of A-fraction of sei-whale insulin (See Fig. 5a)

Spot	Peptides identified
1	Glu. Asp. Tyr. $CySO_3H$. Asp
2	Ser. Leu. Tyr. Glu. Leu
3	Glu. Asp. Tyr
4	$CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu
5	Tyr. Glu. Leu
6	Gly. Ileu. Val. Glu
7	$CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu. Leu
8	Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$
9	Glu. Asp
10	Thr. $CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu
11	Asp. Tyr. $CySO_3H$. Asp
12	Asp. Tyr
13	Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Ala. Ser
14	Tyr. Glu
15	Uncertain

Table 5 b. Peptides from peptic (whale pepsin) hydrolysate of A-fraction sei-whale insulin (See Fig. 5b)

Spot	Peptides identified
1	Ser. Leu. Tyr. Glu
2	$CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr
3	Glu. Asp
4	Glu. Asp. Tyr
5	Glu. $CySO_3H$. CySO H. Ala. Ser
6	$CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu
7	Ser. Thr. $CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr
8	$CySO_3H$. Asp
9	Gly. Ileu. Val. Glu
10	Glu. Asp. Tyr. CySO H. Asp
11	Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Ala
12	Ser. Leu. Tyr. Glu. Leu. Glu. Asp
13	Asp. Tyr
14	Thr. $CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu
15	Leu. Glu. Asp. Tyr

B. 酸による水解生成ペプチドの検索

試料 A-fraction 10mg に 12N HCl 2 ml. を加え36°C72時間分解後，常法通り HCl を除去し，生成ペプチドの分別を濾紙電気泳動（pH 3.4，pyridine-acetate buffer）及び一次元 paper chromatography（solvent system: *n*-butanol－酢酸－水，4：1：5）で行つた。分別せるペプチドは前述の酵素分解の場合と同様処理した。抹香鯨，イワシ鯨両インシュリンの A-fraction に対する之等の結果は Fig. 6，Table 6 a 及び Table 6 b に示す如くである。酸水解物の濾紙泳動は両インシュリン（A-fraction）共殆んど同様の分離状態を示したが，band e, g, h, i, j 並に k に於て ninhydrin 呈色度と band の巾に若干の相異が認められた。

酵素及び酸による部分水解より得られた以上の結果から両鯨インシュリン A-鎖のアミノ酸配列順序を帰納すると Table 7 a 及び Table 7 b の様になり，之よりするとA1～A7 と A11以降の配列は両鯨インシュリン共に全く同一の配列を示す。相異する箇所はS－S環内のA8，9，10のアミノ酸のみである。B-鎖に於ては両インシュリン共に既往のインシュリンと全く同一であつた[11]がペプシンの spesies specificity と共に次回に報告する。ここにイワシ鯨と抹香鯨のインシュリンとではそのアミノ酸配列に於て Ala と Thr, Thr と Ileu の入れ替りが認られるに至つた。従来 Sanger 等の報告した5種のインシュリンのアミノ酸組成の相異もA8，9，10のアミノ酸であつて，之等の相異がインシュリンの生物学的活性には差を与えぬ事から，之等アミノ酸が活性に余り関係が無い事は明かである。今回の両鯨インシュリンと之迄のインシュリンの種属差を現わすA8—10のアミノ酸配列を示すと次の如くで，鯨は豚インシュリンと同じ配列なりとする Sanger の鯨の試料は抹香鯨インシュリンと思われる。

イワシ鯨	Ala. Ser. Thr	牛	Ala. Ser. Val
抹香鯨	Thr. Ser. Ileu	羊	Ala. Gly. Val
豚	Thr. Ser. Ileu	馬	Thr. Gly. Ileu
鯨（Sanger）	Thr. Ser. Ileu		

この様な種属差の例は他の蛋白質にも認められるが，之等の種々のアミノ酸の置換の間には余り関連性が認められない。例えば血清アルブミン[12]は人と牛とで Ala と Thr の置換があり，チトロクロームC[13]では豚，馬，牛，鮭，鶏とで Ala と Ser の置換，ハイパーテンシン[14]では牛と馬とで Val と Ileu の置換（インシュリンの場合に類似），メラニン生成刺戟ホルモン[15]では豚と牛とで Glu と Ser の置換，又ペプチドホルモンのコルチコトロピン[16]でも Leu と Ala, Ala と Ser の置換が，更にバソプレッシン[17]では牛と豚とで Arg と Lys の置換が明かにされている。之等の種属差は何れも，インシュリンの場合同様に，その酵素活性やホルモン活性の上に余り影響を与えていない。

同じ鯨でも歯鯨である抹香鯨と鬚鯨であるイワシ鯨とでは其の食性，習性を可なり異にする種類であるのでこの様な構造上の差は当然の結果とも考えられる。

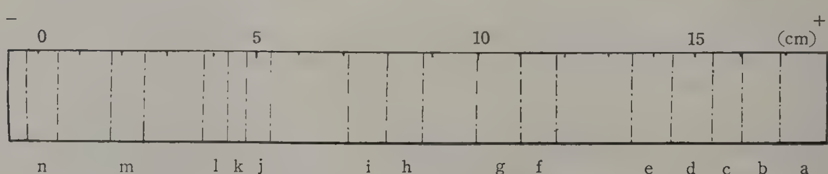


Fig. 6. Ionophoretic separations of acid hydrolsate of A-fraction of sei-whale insulin at pH 3.4 (pyridine-acetate buffer) and 400 volt (3hr.)

Table 6 a. Peptides identified in partial acid hydrolysate of A-fraction of sei-whale insulin (see Fig. 6). Each fraction in Fig. 6 was fractionated by paper chromatography (solvent system : *n*-butanol-acetic acid-water 4:1:5 by vol.) furthermore

Spot	Peptides identified
a	CySO3H. CySO3H
b	CySO3H
c-1	Glu. CySO3H
c-2	Glu. CySO3H
d-1	CySO3H. CySO3H. Ala
d-2	Thr. CySO3H
e-1	CySO3H. CySO3H. Ala
e-2	Thr. CySO3H
e-3	Glu. CySO3H. CySO3H. Ala
f	CySO3H. Asp
g-1	Glu. Asp
g-2	CySO3H. Ala
h-1	Ser. Thr
h-2	Glu. Asp. Tyr
h-3	Ser. Thr
i-1	Glu. Leu
i-2	Ser. Leu. Tyr. Glu
i-3	Leu. Glu. Asp
j-1	Leu. Glu. Asp
j-2	Asp. Tyr. CySO3H
j-3	Gly. Ileu. Val. Glu
j-4	Ileu. Val. Glu
k	Uncertain
l-1	Ileu. Val. Glu
l-2	Ileu. Val. Glu. Glu. CySO3H
m	Gly. Ileu. Val. Glu. Glu. CySO3H
n-1	Ser. Leu
n-2	Val. Glu
n-3	Ileu. Val
n-4	Uncertain

Table 6 b. Peptides identified in patial acid hydrolysate of A-fraction of sperm-whale insulin (see Fig. 6). Each fraction in Fig. 6 was fractionated by paper chromatography (solvent system : *n*-butanol-acetic acid-water 4:1:5 by vol.) furthermore

Spot	Peptides identfied
a	CySO3H. CySO3H
b	CySO3H
c	Glu. CySO3H. CySO3H
d	Uncertain
e-1	Uncertain
e-2	Glu. CySO3H
e-3	Glu
f-1	CySO3H. Thr
f-2	Tyr. CySO3H
f-3	CySO3H. Asp
g-1	CySO3H. CySO3H. Thr
g-2	Glu. Leu
h-1	CySO3H. Thr. Ser
h-2	Ser. Leu. Tyr. Glu
i-1	Glu. Asp
i-2	Asp. Tyr
i-3	Leu. Glu. Asp
i-4	Glu. Asp
j-1	Ser. Leu. Tyr
j-2	Thr. Ser. Ileu
j-3	Thr. Ser
j-4	Thr. Ser. Ileu
k	Uncertain
l	Ileu. Val. Glu. Glu. CySO3H
m-1	Gly. Ileu. Val. Glu
m-2	Val. Glu. Glu. CySO3H
n-1	Ser. Leu
n-2	Val. Glu
n-3	Ileu. Val
n-4	Uncertain

Table 7 a. The structure of A-chain of sperm-whale insulin

Corresponding peptides from peptic (pig pepsin) hydrolysates	Gly. Ileu. Val. Glu Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Thr. Ser Ileu. $CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu Leu. Glu. Asp. Tyr. $CySO_3H$. Asp
Corresponding peptides from peptic (whale pepsin) hydrolysates	Gly. Ileu. Val. Glu Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Thr. Ser Ileu. $CySO_3H$. Ser Ser. Leu. Tyr. Glu. Leu. Glu. Asp. Tyr $CySO_3H$. Asp
Corresponding peptides from acid hydrolysates	Gly. Ileu. Val. Glu Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$ Thr. Ser. Ileu Ser. Leu. Tyr. Glu Leu. Glu. Asp Asp. Tyr $CySO_3H$. Asp

Structure of A-chain of sperm-whale insulin

Gly. Ileu. Val. Glu. Glu (NH_2). $CySO_3H$. $CySO_3H$. Thr. Ser. Ileu. $CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu (NH_2). Leu. Glu. Asp (NH_2). Tyr. $CySO_3H$. Asp (NH_2)

Table 7 b. The structure of A-chain of sei-whale insulin

Corresponding peptides from peptic (pig pepsin) hydrolysates	Gly. Ileu. Val. Glu Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Ala. Ser Thr. $CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu $CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu. Leu Glu. Asp. Tyr. $CySO_3H$. Asp
Corresponding peptides from peptic (whale pepsin) hydrolysates	Gly. Ileu. Val. Glu Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Ala Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Ala. Ser Ser. Thr. $CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr Ser. Leu. Tyr. Glu Leu. Glu. Asp. Tyr Glu. Asp. Tyr. $CySO_3H$. Asp
Corresponding peptides from acid hydrolysates	Gly. Ileu. Val. Glu. Glu. $CySO_3H$ Glu. $CySO_3H$. $CySO_3H$. Ala Ser. Thr Thr. $CySO_3H$ Ser. Leu. Tyr. Glu Leu. Glu. Asp Asp. Tyr. $CySO_3H$ $CySO_3H$. Asp

Structure of A-chain of sei-whale insulin

Gly. Ileu. Val. Glu. Glu (NH_2). $CySO_3H$. $CySO_3H$. Ala. Ser. Thr. $CySO_3H$. Ser. Leu. Tyr. Glu (NH_2). Leu. Glu. Asp (NH_2). Tyr. $CySO_3H$. Asp (NH_2)

要　　約

1. 新たに抹香鯨インシュリンのアミノ酸分析，イワシ鯨インシュリンに就てはA・B両 fraction に分別してアミノ酸の再分析を行い，両者のアミノ酸含量が Ileu と Ala で相異する事を確認した。

2. 次に両鯨インシュリンのアミノ酸結合順序を比較し，その種属差はA8—10の位置に在り，抹香鯨インシュリンでは Thr. Ser. Ileu であるに対し，イワシ鯨インシュリンでは Ala. Ser. Thr である事を認めた。

謝　　辞

本実験遂行に当り斎藤恒行教授・石原助教授の御指導に対して深く感謝する。又試料の一部は大洋漁業横須賀工場製インシュリンを使用した。恵与された柴田哲夫博士に厚く謝意を表す。

文　　献

1) 斎藤・石原・伊藤・藤野 (1957). 北大水産彙報 8, 54.
2) Sanger, F. (1949). *Nature* 164, 529.
3) Brown, H., Sanger, F. & Kitai, R. (1955). *Biochem. J.* 60, 556.
4) Harris, J. I., Sanger, F. & Naughton, M. A. (1956). *Arch. Biochem. Biophys.* 65, 427.
5) 斎藤・石原・伊藤・藤野 (1956). 北大水産彙報 7, 159.
6) 斎藤・石原 (1956). 日農化 30, 426.
7) Moore, S. & Stein, W. H. (1951). *J. Biol. Chem.* 192, 663.
8) Schram, E., Moore, S. & Bigwood, E. J. (1954). *Biochem. J.* 57, 33.
9) Goodwin, T. W. & Morton, R. A. (1946). *Ibid.* 40, 628.
10) Sanger, F. (1949). *Ibid.* 44, 126.
11) 斎藤・石原・藤野 (1957). 日本水産学会秋季大会講演発表（於函館　昭和32年10月9日）
12) Thompson, E. O. P. (1954). *J. Biol. Chem.* 208, 565.
13) Tuppy, H. & Paléus, S. (1955). *Acta Chem. Scand.* 9, 353.
14) Skeggs, L. T., Marsh, W. H., Kahn, J. R. & Shumway, N. P. (1954). *J. Exp. Med.* 100, 363.
———, ———, ——— & ——— (1955). *Ibid.* 102, 435.
15) Geshwind, I. I., Li, C. H. & Barnafi, L. (1957). *J. Am. Chem. Soc.* 79, 1003.
16) Li, C. H. & Geschwind, I. I. (1955). *Nature* 176, 687.
17) du Vigneaud, V. (1953). *J. Biol. Chem.* 205, 249.

イカ完全利用に関する研究

第17報　イカ罐詰におけるフラット・サワーについて

谷　川　英　一　・　長　沢　善　雄
（北海道大学水産学部水産食品製造学教室）

Studies on the Complete Utilization of Squid (*Ommastrephes sloani pacificus*)

XVII. On the "flat sour" of canned squid meat

Eiichi TANIKAWA and Yoshio NAGASAWA

Abstract

Squid meat is processed in the can in Japan. A putrefaction of "flat sour" in canned squid has been known to happen like that which happens rarely in canned crab.

The authors have tried to ascertain the cause of the "flat sour" in canned squid which has been judged to be the putrefaction at the inspection for export. The soured substances produced in canned squid meat were confirmed to be lactic acid, formic acid, succinic acid, citric acid etc., by paper chromatography. A facultative, short rod shaped bacterium was isolated from the canned squid. This bacterium does not produce gas. The isolated bacterium can actively decompose carbohydrates, and produce the acids. This bacterium may bring about "flat sour".

Here, the authors have calculated the adequate processing time at 6-pound pressure (110°C) from the thermal death curve of the isolated bacterium and the heat penetration curve in the canned squid from Bigelow's general method, and have found the time should be above 102 minutes (added 20% of safety time factor according to Lang[8]). The processing time for which the sterilization of the canned squid has practically carried out has been 60 minutes at 6-pound pressure. That time is clearly insufficient, therefore understerilization was ascertained.

When the isolated bacterium was inoculated in the canned squid meat, the soured substances were ascertained just as described above. Thus it was found that isolated bacterium has caused the "flat sour" of the canned squid. In order to prevent the putrefaction by those "flat sour" phenomena, the processing time should be prolonged above 102 minutes, or the processing temperature should be raised.

イカ，カニのような動物の筋肉中にグリコーゲンの多量に含まれているものを罐詰とした場合，しばしば"フラット・サワー"（Flat sour）という型式の腐敗が起る。"フラット・サワー"とは罐詰の外表面は正常罐と変りはないが，内部の肉質が酸つぱくなつている現象をいうのである。従来"フラット・サワー"の原因としては好熱性ガス非形成細菌の発育[1]によるとされていたが，谷川及び元広[2]はカニ罐詰の"フラット・サワー"において罐詰内は無菌にもかかわらず，肉質が明らかに酸味を帯びているものを研究し，その原因として肉詰前すでに肉蛋白が細菌によつて分解し，これが密封殺菌加熱後罐内は無菌となるも酸性分解生産物の蓄積により"フラット・サワー"の現象を起すことを実証した。併し今回輸出検査において"フラット・サワー"と判定されたイカ味付罐詰においては明らかに耐熱性細菌が分離され，その耐熱性よりみてその原因が殺菌不足ということが判つたので，ここにその実験結果を報告する。

実　　　験

I．試料罐詰

供試罐詰は某罐詰株式会社製イカ味付罐詰（5号罐）2個である。これら2個の罐詰の外観及び巻締部の状態は正常であり，開罐後の内容物の状態は第1表のようである。

Table 1. Conditions of flat-soured cans at the inspection when the cans were opened

Items \ Sample	A-Can	B-Can
Quality of meat	Less toughness Acid in taste	Similar as A-Can
Flavor	Strong acid smell	Similar as A-Can
Juice	Discolored of "Shoyu" (soy bean sauce)	Similar as A-Can
pH of juice	3.45	3.46
Sealing	Good	Good
Remarks	Some part in the container blackened	Similar as A-can

II．細菌の分離

1. 供試罐詰よりの細菌分離

常法によつて供試罐詰より好気的ならびに嫌気的培養法によつて37°C及び55°Cにおいて夫々細菌を分離し純粋培養を行つた。純粋培養菌は短桿菌で55°Cにおいても発育するが，この場合にはその発育は37°Cに比し遅かつた。それらの検鏡及び培養性質検査により1種の細菌(A_1)を得たが，通性嫌気性細菌であつた。

2. 分離細菌の理化学的性質

(1) 発育限界pH：至適pHは7.0，発育限界pHは4.0〜9.0であつた。

(2) 硝酸塩還元作用：硝酸塩還元作用を有す。

(3) インドールの生成：インドールを生成しない。

(4) 硫化水素の生成：硫化水素を生成しない。

(5) 糖類の分解：glucose その他の糖類を夫々含有せしめた Barsiekow 培養基を用い，糖類の分解作用をみた。その結果は第2表に示すように，それぞれ分解して酸類を生成するも，ガスは形成されなかつた。

このように糖類を分解し，ガスを形成せず酸を生成することは本罐詰のような"フラット・サワー"罐には重要な意義を有するものである。

3. 分離細菌の類縁

培養検査の詳細な記載は省略するが，その培養的性質及び理化学的性質その他より Bergey's Determinative Bacteriology[3] によれば *Bac. subtilis* に類似しているのであるが，その正確な種名については目下研究中である。しかし後述の耐熱性よりみてもこの細菌が原因細菌であることは推定できる。

III．供試"フラット・サワー"罐詰より酸類の検出

1. 酸類の検出法

Table 2. Decomposability of carbohydrates of the isolated bacterium, A_1

Days of cultivation	Items \ Carbohydrates	Glucose	Dextrose	Galactose	Mannose	Lactose	Sucrose	Maltose	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Inulin	Starch	Glycogen
0	pH	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.0
2	pH	6.5	6.4	6.3	6.4	7.4	6.0	6.2	6.6	7.0	7.0	6.8	7.3	6.8
	gas	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	colony	+	+	+	+	+	+	+	+	−	+	+	+	+

次に供試 "フラット・サワー" 罐詰肉中に生成された酸類の検出を行つた。即ち前記供試罐の肉を細砕しこれに同量の水を加え攪拌し，24時間放置後濾過し，その濾液につき第1図のような操作[4]により酸類を検出した。なお表中の〔A〕〔B〕の有機酸の確認は一次元ペーパー・クロマトグラフィーによつた。この場合，〔A〕及び〔C〕~〔F〕中の Ca 塩は 0.1% HCl 溶液で，金属塩は H_2S で酸を遊離せしめた後行つた。

2. 検出された有機酸類

クロマトグラフィーで検出した結果，〔A〕の Rf 値は 0.412 で乳酸であること，〔B〕では Rf 値 0.01~0.34までかすかに認められたので，乳酸以外の有機酸即ち蓚酸，酒石酸，コハク酸，クエン酸等が少量存在することが推定された。

3. 分離細菌を再接種せる罐詰よりの有機酸類の検出

前項で分離した細菌を新たに製造したイカ罐詰（殺菌済のもの）中に再接種し，接種した孔はハンダ付けし，37°Cに約1ヶ月間放置し，この罐詰肉について前記と同様の方法で有機酸類の検出を行つた。その結果によれば乳酸，蓚酸，コハク酸，クエン酸などが検出された。この結果からみてもこの分離細菌が罐詰内に存在すればガスを出さずに酸類を生成して "フラット・サワー" 罐となることは明らかである。

IV. イカ味付罐詰における適正殺菌時間の算出

前項までの実験によつて，今回供試された "フラット・サワー" 罐詰は耐熱性の強い細菌が罐詰の殺菌加熱に耐えて残存し，発育してガスは出さないが，酸類を生成したため生じたものと推定された。ここではこの分離細菌の耐熱性を示し，本罐詰がどれほど殺菌加熱不足であつたかを示そう。

1. 分離菌の胞子耐熱性試験

今回分離した細菌を常法[5]により生理的食塩水中に懸濁せしめ（1 *cc.* 当り 80×10^6 の胞子を含む），これを 15，10，8，及び6ポンドでそれぞれ加熱し，その胞子の耐熱性をみた。その結果は第3表及び第4表に示す如くである。

この結果より明らかなように分離細菌の胞子は6ポンド 60 分の加熱に耐え，相当耐熱性の強いことが判る。

Fig. 1. Identification scheme of the organic acids produced in the "flat soured" can

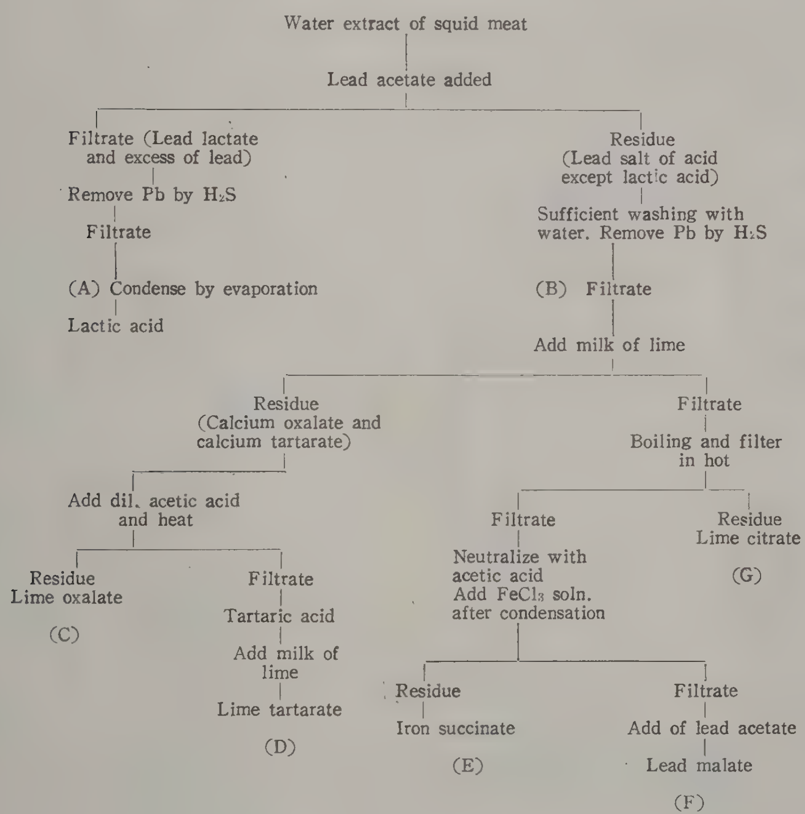


Table 3. Heat resistance of the isolated bacterium at various temperatures

Time (min.) / Temp. (or Press.)	5	10	20	30	40	50	60	70
249.7°F (15 lbs.)	− − −	− − −	− − −	− − −	− − −	− − −	− − −	− − −
239.4°F (10 lbs.)	+ + +	+ + −	− − −	− − −	− − −	− − −	− − −	− − −
234.8°F (8 lbs.)	+ + +	+ + +	+ + +	− + −	− − −	− − −	− − −	− − −
229.8°F (6 lbs.)	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + −	+ + +	+ + −	− − −

Table 4. Numbers of spore survived after the heating of 250°F (15 lbs.)

Time (sec.)	10	30	60	90	120	180	240	0
Numbers of spore survived	65×10^3	23×10^3	31×10^2	50	3	5	1	80×10^6

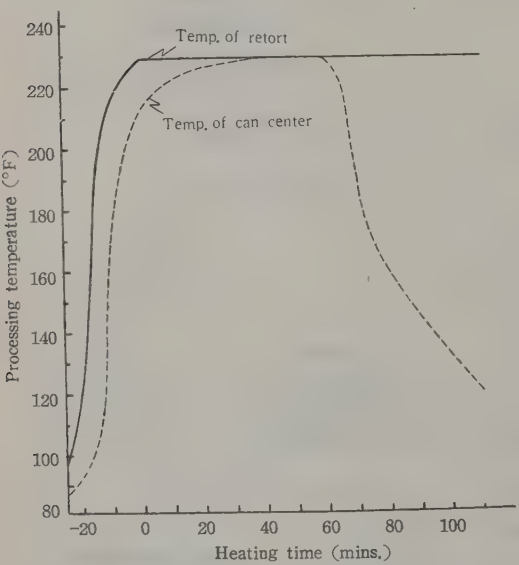


Fig. 2. Heat penetration curve of the canned squid meat (Can size: No. 5) in the processing of 229.8°F (6 lbs. pressure)

2. イカ罐詰内の熱伝導試験

供試した“フラット・サワー”罐と同型の5号罐にイカ肉を肉詰し，6ポンド (229.8°F) で1時間加熱殺菌するときの罐内の熱伝導を知るためサーモ・カップルを用いて罐内中心温度とレトルト温度との関係をみた。その結果第2図に示すように本罐詰の罐内熱伝導様式は broken heating curve に従うことが判る。

3. 適正殺菌加熱時間の算出

第4表及び第3表の結果を反対数グラフに示したのが第3図及び第4図である。第3図および第4図より明らかなように細菌の死滅速度曲線および死滅時間曲線はそれぞれ直線で示され，$Z=0.73$分，及び $z=16°F$ なることが判つた[6a)]。

ここで第2図，第3図，第4図を用いて Bigelow の General method[7)] に従つて適正殺菌時間を求めると次のようになる。即ち細菌の致死量を A とすると

$$A=\frac{1}{F}\int Ldt \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

で表わされ，(1) 式中 L は致死率価，t は加熱時間，また F は 250°F (15ポンド蒸気圧) における細菌の死滅時間で，この場合は Arrhenius の式 (2) 中の $T_{\theta m}$ に相当し

$$\log\frac{T_{\rho m}}{T_\theta}=\frac{\theta'-\theta_m}{z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

標準温度 250°F (θ') に対する細菌の死滅時間 $T_{\theta n}$ (即ち F 値) は第4図から任意の温度 θ_m に対する死滅時間 $T_{\Gamma m}$ 及び z の値が決定すれば自ら算出することが出来る。この結果 F 値として4分の値を得た，なお上記 (1) 式中の L は次の (3) 式で表わされる。

$$L=\log^{-1}\frac{\theta_c-250°}{z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

ここに θ_c は罐内中心温度，z は前掲の加熱死滅時間直線の傾斜度 (ここでは $z=16$) である

(3) 式に z 及び第2図における罐内中心温度 θ_c を代入して各時間における L の値を求め，縦軸に致死率価

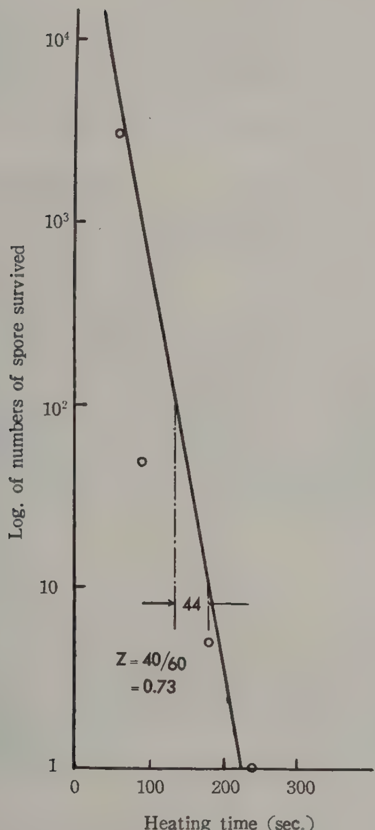


Fig. 3. Thermal death rate curve of the isolated bacterium, A_1

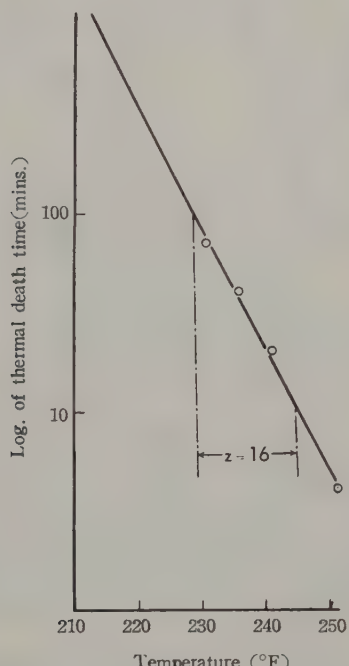


Fig. 4. Thermal death time curve of the isolated bacterium, A_1

(L), 横軸に殺菌時間 (t) をとり，図示すると第5図に示すように致死率価曲線が得られる。この致死率価曲線と横軸とで囲まれる面積は (1) 式より A に比例し，A が1のときは殺菌加熱が完全に行われたこととなる。

しかして仮りに横軸で d 分が 1 cm で表わされ，縦軸で $L=1$ が m (cm) で表わされるならば面積が m/d (cm^2) のとき A が $\frac{1}{F}$ であるから面積 S (cm^2) の時の致死量は

$$A = \frac{S}{F} \cdot \frac{d}{m} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

で示される。第5図において致死率価曲線の下の面積は $49cm^2$ と計測され且つ d 及び m は夫々10分及び $200cm$ となるので

$$A = \frac{S}{F} \cdot \frac{d}{m} = \frac{49}{4.0} \times \frac{10}{200} = 0.613$$

となり，明らかに殺菌不足であることが判る。そこで A が1となるような殺菌条件，即ち分離細菌に対す

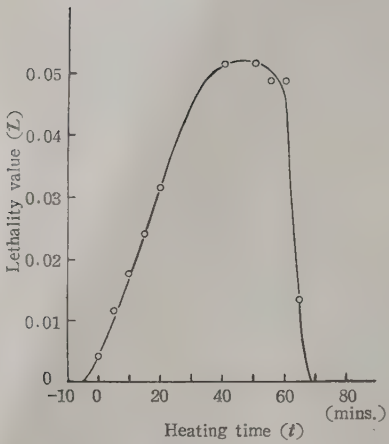


Fig. 5. Lethality curve showing the relation between the *L* value and the processing time, *t*

る理論的な殺菌時間を求めると6ポンドで85分となり，これにLang[8]の安全率20%を加算すると102分となる。即ち本実験で分離された細菌がイカ罐詰内に含有される場合，供試罐詰製造において行われた殺菌条件，即ち6ポンド，60分の殺菌加熱では明らかに不十分であつたことが判る。

V．結論

供試された“フラット・サワー”罐詰は罐の表面が平坦であり，内容物の pH は 3.45 で酸性が甚だしく明らかに“フラット・サワー”の現象を呈している。これから細菌を分離するとこの細菌は耐熱性強く，明らかに酸を生成する。この細菌を新たに作つた罐詰に再接種しても供試罐と同じような酸類が検出される。この細菌の耐熱性と供試罐詰と同じ種類の罐詰の罐内熱伝導曲線とより適正殺菌加熱時間を算出すると理論的には6ポント85分間の加熱殺菌を必要とし，供試罐詰を製造したときの殺菌条件（6ポンド，60分間）では明らかに殺菌不足であることが判つた。なお該分離菌の正確な種名については目下研究中である。

要約

カニ罐詰と同じようにイカ罐詰においても“フラット・サワー”という現象が起つた。著者らはイカ味付罐詰か輸出検査の際，“フラット・サワー”と判定された罐詰についてその原因を確めた。肉中に生じた酸味物質をペーパー・クロマトグラフィーで調べたところ，乳酸，蓚酸，コハク酸，クエン酸などであることを知つた。この供試罐詰より細菌を分離したところ1種のガス非形成の通性嫌気性の短桿菌を得た。これは炭水化物類をはげしく分解し，酸を形成する細菌で耐熱性も強い。ここでこの細菌の耐熱性とこのイカ罐詰の熱伝導曲線よりその適正殺菌時間を Bigelow's general method で計算したところ，工場における殺菌温度6ポンド（110°C）において102分（安全率20%を加算して）となり，実際工場において行つた殺菌時間，60分では明らかに殺菌不足であることが判つた。

この分離細菌を罐詰に再接種したところ，供試罐と同じような酸味物質を得たのでこの細菌によつて“フラット・サワー”が起つたことは明らかであり，このような変敗を防ぐには殺菌時間を102分以上に延長するか，または殺菌温度を更に上げるようにしなければならない。

文献

1) 谷川英一（1956）．罐詰の製造〔229p.〕東京；紀元社．
2) 谷川英一・元広輝重（1955）．日本水産学会秋期大会講演発表．
3) Robert S. Breed *et al.* (1948). Bergey's Manual Determinative Bacteriology, Ed. 6. 〔708p.〕 Baltimore; The Williams &. Wilkins Co.
4) 藤田 穆（1933）．有機分析．213p. 京都；カニヤ書店．
5) 谷川英一（1956）．罐詰の製造．〔218p.〕東京．紀元社．
6a) 谷川英一（1956）．同　上．〔126～129p.〕東京：紀元社．
6b) 谷川英一（1956）．同　上．〔137p., 150p.〕東京：紀元社．
7) Bigelow (1920). ***Natl. Canners Assoc. Bull.*** 16-L.
8) Lang (1935). ***Univ. of Calif. Pub.*** 2 (1), 1.

カマボコ表面よりのネト細菌の侵入速度

谷川英一・藤井　豊
（北海道大学水産学部水産食品製造学教室）

Velocity of Invasion of Bacteria from the Point of the Slime ("Neto") formed on the Surface of the Fish Jelly Product, ("Kamaboko")

Eiichi TANIKAWA and Yutaka FUJII

Abstract

If a kind of fish jelly product called "Kamaboko" is placed at room temperature for a couple of days, it will produce a transparent, slimy material (called "Neto") on its surface as if it were sweating. This "Neto" is made of bacterial colonies. The bacteria which form "Neto" are dominantly of various kinds, for example for sugared "Kamaboko": ***Streptococcus, Leuconostoc*** and ***Micrococcus,*** and for non-sugared one: ***Micrococcus, Serratia, Flavobacterium*** and ***Achromobacter.*** Those bacteria will invade into the inner part of the meat paste of "Kamaboko" from the point of the "Neto", and at last cause spoilage.

The authors have studied the invasion of the bacteria, the course of invasion and velocity of the invasion by microscopical photographic observations using non-sugared "Kamaboko" which was made from Atka-mackerel meat with by potato starch added.

The "Neto" bacteria invaded the inner part of the "Kamaboko" by moving from particle to particle of starch in the meat paste of the "Kamaboko". The part of fish meat protein in the paste has initially scarcely been attacked by the "Neto" bacteria. The degree of the invasion of "Neto" bacteria at 15°C was estimated to be about 50, 200, 600, 1.000, 1.800μ in depth on the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th day respectively after the formation of the "Neto", on the surface of the "Kamaboko". In making this estimate, use was made of stained preparates according to Lillie's method.

The changes of the condition of potato starch in the fish paste meat of the "Kamaboko" were observed to agree with the observations of Okada ***et al.***[7]

無包装のカマボコを室内に放置すると，数日後において，その表面に粘質物，所謂「ネト」が部分的に形成され，ついにはカマボコ全表面をおゝうに至る。この「ネト」は木村[1]によつて始めて細菌によることが明らかにされ，これを防止するには過酸化水素水をカマボコの表面に塗布することが効果的であるという。また木俣[2]はカマボコの腐敗型式を三種に大別し，その第Ⅰ型としてカマボコ表面に酸性透明の粘稠性の水滴様物質を生ずるもの，第Ⅱ型として不透明のバターもしくはチーズ様の物質を生ずるもの，なお第Ⅲ型として最初からカビを発生するものとに分けている。この中第Ⅰ型は典型的な「ネト」とみなされるもので，主として含糖カマボコにみられる腐敗型式でこの種のネトは酸性反応を呈し，アンモニア臭を発生せず主として *Streptococcus, Leuconostoc, Micrococcus* 等の糖類から酸を生成する球菌類によつて惹起されるものとしている[3]。第Ⅱ型は無糖カマボコにみられる腐敗型式で，この場合の粘質物は中性またはアルカリ性を呈し，アンモニア臭を発しこの種の腐敗型式のものからは，***Micrococcus, Serratia. Flavobacterium*** 及び ***Achromobacter*** 属の蛋白分解能を有する細菌を分離している[4]。第Ⅲ型は第Ⅱ型と同様に無糖カマボコにみられる腐敗型式で，含有澱粉量が特に多い場合にみられるという。

最近，内山ら[5]は前記第Ⅰ型の腐敗型式に属する含糖カマボコのネトの形成機構について研究し，ネト形成時には蔗糖が減少し還元糖が増加することを認め，且つ生成されたネトはデキストランと，その諸性質を

同じくすることを観察している。

一方，内山ら[6]は偏光顕微鏡を用いてカマボコ中の澱粉の糊化と加熱温度について検討を行い，さらに，岡田ら[7]は位相差顕微鏡によりカマボコ内部における澱粉粒の状態を観察している。

著者らは無糖カマボコについて，カマボコ表面にネトが発生する状況を位相差顕微鏡により観察した。

実 験 の 部

1. 試料の調製並に貯蔵

新鮮なホッケより精肉のみを採取し，細切後，流水中で1時間水晒しを行い，ついでチヨッパーにかけて細砕し，これに5％量の馬鈴薯澱粉を加え，30分間擂潰混和したのち，2％量の食塩と10％量の水を添加し30分擂潰を継続して，成型に附し，100°C，50分間蒸煮して製品化した。

上記，供試カマボコを80％の湿度に調節した硫酸デシケーター中に保存し，室温（15°±2°C）に放置し，1日1回宛，試料カマボコの表面部を 10×20×10*mm* 宛切りとり，約40倍量の Bouin液（飽和ピクリン酸15*cc*，40％ホルマリン25*cc*，及び氷醋酸5 *cc* 混液）中に浸漬して固定した。

この際，外観的には4日目で全表面の$^{1}/_{1}$，5日目で$^{2}/_{5}$，6日目で$^{4}/_{5}$程度がネト粘質物で覆われておつたが，試料採取部分は常にネトの発生の最も著しい部分のみを用いた。なおこの場合のネトは木俣[2]も無糖カマボコの第II腐敗型式のものについて観察しているように，1日後においては透明な水滴様のものであつたが，2〜3日以降は不透明なチーズ様のものとなり，かつ7日目においてはやゝ異臭を感ずるようになつた。また本試験の貯蔵条件においては，1週間以内ではカマボコの内部腐敗[8]の徴候は全く認められなかつた。

2. 切片の作製

Bouin 液で固定した試料を70％アルコールに浸漬して脱色促進剤として炭酸リチウムの飽和液を数滴加え，30分間放置後，常法によりアルコール脱水処理し，パラフイン包埋後，厚さ 10μ に切断し，スライドグラス上に貼附した。

ついで各貼附切片をキシロール（2回），無水アルコール（2回），95％，90，80，70，50，及び30％のアルコール液中に順次5分間宛浸漬し，パラフインを完全に除去すると共に最後に蒸溜水中で完全に水戻しを行い，下記の種々の染色法により，染色処理後，30％，50，70，80，90，95％アルコール，ついで無水アルコール（2回）に5分間宛浸漬脱水を行い，さらにキシロール・アルコール（1：1），キシロール（2回）液中に5分間宛浸漬し後バルサム封入を行つた。かくして得られた切片標本を位相差顕微鏡により検鏡した。

3. 染色方法

(1) Weigert のフィブリン染色法（グラム染色[9]）

グラム陽性菌の染色法で，本試験において発生したネト菌も本法により染色し得た。

(2) Lison 法[10a]

多糖類硫酸塩はトルイジン青によりメタクロマージを起して青紫色となる。第1液と第2液との2種の染色を行うが，第1液の方が強く染まる。ネト菌の発生顕著な部分が濃い紫色に染色された。

(3) Lillie 法[10b]

多糖類の染色に適し，赤〜赤紫色となる。通常のカマボコでは澱粉粒が美麗な赤色に染色されたが，ネト菌の侵入部分では澱粉粒は全く染色されなかつた。

(4) Chévremont et Frédéricq 法[11]

これはSH−基による反応を利用した蛋白質染色法の一つであつて，蛋白質部分が弱い青色に染色される。

4. 検鏡結果及び考察

検鏡結果のうち，主要なものを掲げると Fig. 1〜12の如くであつて，この中 Fig. 6，8及び12を除き他の顕微鏡写真は何れも同倍率（検鏡には200倍とした）のものである。

Fig. 1 は染色を行わず直ちにバルサム封入したもので，他の染色したものとの比較とした。この写真中，

粒状のものは澱粉粒（あるいは澱粉粒の脱落した空隙）であり，その形状も大小様々のものが認められる。この中で大型のものは糊化した澱粉粒と考えられ，その大きさは水中で加熱糊化した馬鈴薯澱粉に比し約半分程度であり，小型のものは生澱粉粒子とみなされるものである。

Fig. 2，3 及び4はグラム陽性菌染色法によつたもので Fig. 2 は貯蔵後3日目のものでカマボコ表面にネト菌が附着発生し，表層部分が侵されはじめた時期のものであり， Fig. 3はその後2日を経た5日目のものであつて，ネト菌の侵入はすでに0.07×20*mm*附近にまで達していた。ネト菌の侵入部の周辺にある澱粉粒は白色を呈し，ネト菌未侵入部周辺の澱粉粒との区別は明瞭であつた。またネト菌の存在する部分は青紫色に染色されている。

Fig. 4は7日目のものについて検鏡したものでカマボコ表面はネトで泥状を呈したものについての観察結果である。したがつて青紫色に染色されたネト菌の分布は極めて広範囲に亘つている。

Fig. 5及び6は5日目のものについて Lison 法により染色したもので Fig. 6は Fig. 5を更に拡大したものである。この場合にはネト侵入部が澱粉粒をも含めて全般的に赤紫色に染色されていた。

Fig. 2，3，5及び6を通じて観察されることは，ネト菌の侵入が，まずカマボコ表面に附着後，主として澱粉粒から澱粉粒へと飛石づたいに内部へ侵入していくことである。しかしてその状態が極度に進行した最表面においては多孔質構造が破壊されてネト特有のどろどろした粘液状物質が形成される。従つてこの場合本試験に供せる無糖カマボコのネト発生時には魚肉蛋白質が部分的に分解することも当然考慮されるべきことであつて，この場合形成された粘質物の一部には魚肉蛋白質の中間分解物も含まれるものと思われる。

Fig. 7及び8も Lison 法により染色したものであるが，Fig. 7の倍率を高くした Fig. 8においては，上部よりのネト菌の侵入の状態が一見して明らかであつた。また Lison の染色法によりネト菌の作用をうけた澱粉のみが染色されるということは，次の Lillie の染色法で反対にネト菌の作用をうけた澱粉のみが染色されなかつたことと併せ考えるとき，ネト菌の作用により澱粉が幾分，変質，分解を蒙ることが想定される。

Fig. 9及び10は Lillie の染色によつたもので Fig. 9は2日目，Fig. 10は5日目のカマボコ表面における検鏡結果である。Fig. 9によれば澱粉粒は美麗な赤色に染色され，澱粉粒以外の空隙，或は岡田ら[7]の推定している如き澱粉粒の内容物の剝離した場所は未染色の状態で存在していた。しかしネト菌の侵入したカマボコでは Fig. 10にみるように，ネト菌の侵入した部分の澱粉粒はもはや染色されず，ネト菌未侵入の部分の澱粉粒のみが赤色に染色された。

次に Fig. 11及び12は Chévremont et Frédéricq 法により染色したものでこの場合には蛋白質部が青色に染色されていた。この方法によつたものではネト菌の侵入の状態は殆んど判別できず，ネトの最も著しく発生した最表面の部分において多少巨視的にみとめられた多孔状構造に切断部を生じているのを認めただけであつた。したがつて Fig. 11は Fig. 1の対照試験のものと非常に類似した状況を示しているが，ただその澱粉粒の内部に白色の曲線部が認められ，澱粉粒内に著しい陰影の存在することが判明した。そこで倍率を高めて内部の状態を観察した結果 Fig. 12に示されるように，澱粉粒と思われる粒状物は滑らかな表面ではなく，極めて凹凸の著しい不整な立体構造を有していることが認められた。これは岡田ら[7]も述べている如く，加熱による澱粉粒の膨化時には，凝固温度が澱粉の糊化温度以下の澱粉粒周辺の蛋白質が既に凝固しているため，その後に起る澱粉粒の膨化が著しく阻害されるためと思われる。

次にネト菌のカマボコ内部への侵入速度を検鏡により推定した結果を Table 1に示した。この場合，ネト菌の侵入位置を最も明瞭に知り得た染色法は Lillie法であつたが，この染色法によつたものについての観察結果では，ネト菌の侵入は実験的に $Y = 7x^2 - 3x$ で表わされた。但し上式中 Y はネト菌の表面よりの侵入深度（μ），x はネト菌の発生した日を0とした後の経過日数である。

Table 1. において Lison 法と Lillie 法の両染色法によるネト菌の侵入位置決定の差異が極めて著しいことは澱粉粒はネト菌の侵入により，まず Lillie法によつて染色される形態のものに変化せしめられ，しかるのちに或一定の変質過程を経て Lison 法により染色される物質に変化するものであろうと思われ，その中間

Table 1. The velocity of invasion of "Neto" bacteria from the surface of the non-sugared "Kamaboko" by various staining methods

Staining method \ Sample (days)	A_1 (1 day)	A_2 (2 day)	A_3 (3 day)	A_4 (4 day)	A_5 (5 day)	A_6 (6 day)	A_7 (7 day)
Lillie's method	−	+ −	50μ	200	600	1,000	1,800
Lison's method (No. 1 soln.)	−	−	−	+ −	50～100μ	100～150	300～400
Lison's method (No. 2 soln.)	−	−	−	−	+ −	0～100μ	0～100
Weigert's method (Gram staining)	−	−	−	+ −	0～50μ	0～100	200～300

Note: The marks (−) showing the invasion of "Neto" bacteria was visible, but not distinguish of its position

変質過程が両染色方法の侵入速度判定上の差となつてあらわれたものであろう。グラム染色法の場合もまたネト菌の繁殖が或程度以上に達した部分のみが観察可能程度に染色されるため，比較的遅い侵入速度を示したものと考えられる。なお Lison 法の第1及び第2液の染色上の程度の差は使用トルイジン青溶液の性質の差によるものである。

今後無澱粉カマボコ，含糖カマボコ等について放置条件等を種々に変えて検討すべきものと思われる。

要　　約

1. 無糖カマボコ（ホツケ）についてネト菌の侵入状態を顕微鏡的に観察した。

2. その結果，ネト菌のカマボコ表面よりの侵入は澱粉粒を主な侵入経路とする如く観察され，従つて澱粉粒間の魚肉蛋白のネト菌による分解も考慮されるべきものと思われた。

3. 本実験におけるネト菌の侵入速度は Lillie 法による染色法によつた結果では 15°C では 1，2，3，4 及び 5 日目においては夫々表面より約 50，200，600，1000 及び 1800μ の深度にまで達していた。

終りにのぞみ本実験における検鏡切片の作成に当り，御援助を戴いた当学部，新山英二郎助教授に対し深謝する。なお本研究は昭和31年度文部省科学試験研究費によつて行つたことを附記して謝意を表する。

文　　献

1) 木村 (1934). 水産製造全書，中巻〔469p.〕東京；大日本水産会.

2) 木俣 (1951). 日水誌 16 (9), 428.

3) 木俣 (1949). 応用菌学 3 (2), 45.

4) 木俣 (1951). 日水誌 16 (12), 46.

5) 内山・天野 (1958). 日水誌 23 (11), 716.

6) 内山・天野 (1955). 同　上 20 (9), 830.

7) 岡田・右田 (1956). 同　上 22 (4), 265.

8) 横関 (1958). 日水誌 23 (9), 539, 543.

9) 水平・山田 (1955). 新しい組織学研究法.〔204p.〕東京；医歯薬出版.

10a) 市田 (1953). 細胞化学，その理解と術式.〔225p.〕東京；本田書店.

10b) 市田 (1953). 同　上　〔187p.〕　〃

11) Lison, L. (1954). "組織化学および細胞化学" 今泉訳〔216p.〕東京；白水社.

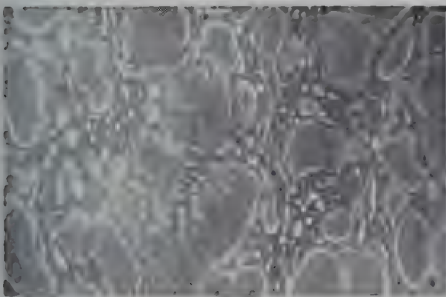


Fig. 1. Not stained "Kamaboko" (× 70) (A_1: after 1 day)

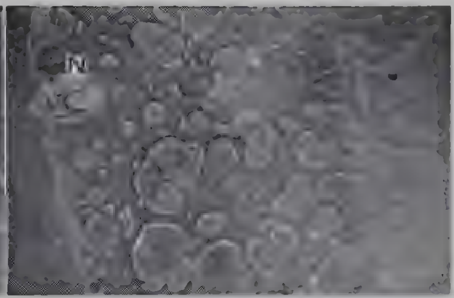


Fig. 2. Stained by Weigert's method (Gram staining) (× 70) (A_3: after 3 days) N: Invaded part of the meat paste of "Kamaboko" by "Neto" bacteria (Similar signs in subsequent figures showed the same mean as in this Fig.)

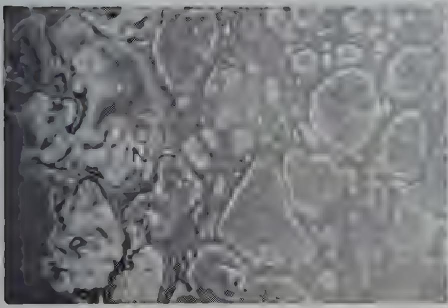


Fig. 3. Weigert's method (× 70) (A_5: after 5 days)

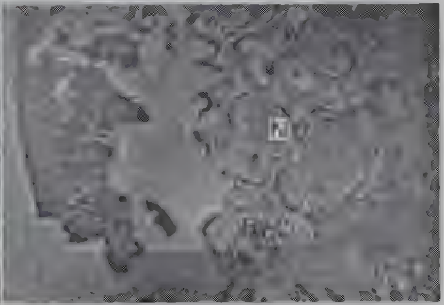


Fig. 4. Weigert's method (× 70) (A_7: after 7 days)

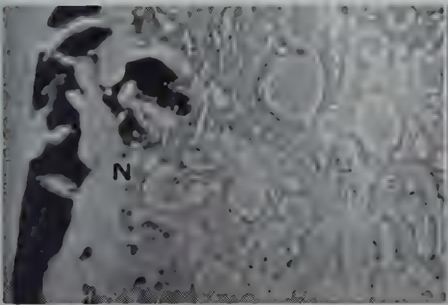


Fig. 5. Stained by Lison's method (× 70) (A_5: after 5 days)

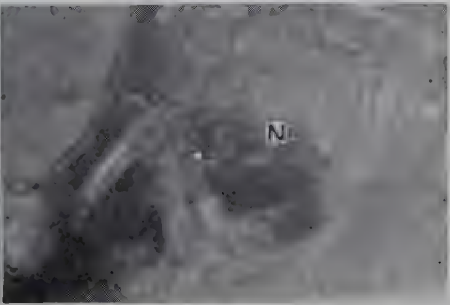


Fig. 6. Lison's method (× 280) (A_5: after 5 days)

E. TANIKAWA & Y. FUJII: Invasion of "Neto" Bacteria from the Surface of the non-sugared "Kamaboko"

STRUCTURE OF THE WATERS IN THE BERING SEA AND THE ALEUTIAN REGION*

Hideto KOTO and Takeji FUJII
Faculty of Fisheries, Hokkaido University

1. Introduction

The training ship *"Oshoro Maru"* of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University has made cruises into the Bering Sea and the Aleutian region for biological and oceanographic investigations combining with the purpose of drilling of cadets in fishery and navigation practice in the summers since 1955. Each investigation was undertaken under the direction of the Research Committee organized in the Faculty.

In the 1955 cruise, the ship roughly covered the Bering Sea in a period from June to July to get general information on the structure of the whole Bering Sea.

In 1956, her cruise during July and August was limited to the east of longitude 175° East under the fishery treaty between the Japanese and Soviet Governments.

The 1957 cruise covered only the vicinity of the Aleutians for the particular purpose of biological investigation in co-operation with the Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory.

The hydrographic data obtained in the 1955 and 1956 cruises are recorded in "Data Record of Oceanographic Observations and Exploratory Fishing No. 1 (Hokkaido Univ.)". This "Data Record" includes the previous data obtained in the cruises before 1955 also.

Of these data the chlorinity values obtained in 1955 seem to be a little higher, containing some irregularities. There may be certainly some unreliabilities in them. The writers later found that the sample bottles made of polyethylene which were used allowed evaporation of water, perhaps through the wall of the bottles, by measuring the variation of the total weights of the bottles containing water for forty days as shown in Fig. 1.

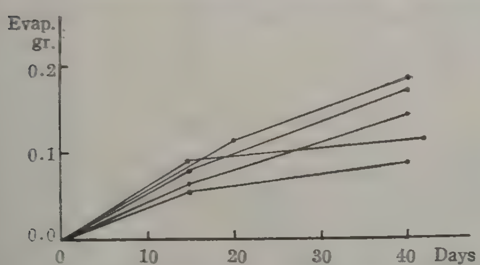


Fig. 1. Evaporation of the sampled water contained in the bottles made of polyethylene. Each sampled water is about 100 c.c..

Many other Japanese vessels, hitherto, have made cruises into the Bering Sea to investigate the hydrography covering more or less partially the western portion of the Bering. Among the most extensive cruises, one made by the *"Komahashi"* in 1936 ranged from May to September; however, the Bering and its vicinity were covered during July to August, the same period as that of the cruise

* おしょろ丸北洋調査報告 No. 11

of the "*Oshoro Maru*" in 1956. The data obtained in this cruise of the "*Komahashi*" (Marine Safety Agency Tokyo, Japan, 1951), therefore, are very useful to the writers to get information on the general structure of waters in the whole Bering Sea and vicinity by comparison with data gained by the "*Oshoro Maru*" in 1956.

The present studies are mainly based on these data referring to the other data to some extent. The locations of the hydrographic stations occupied by the "*Oshoro Maru*" in 1956 and by the "*Komahashi*" in 1936 are shown together in Fig. 2. The locations of the several other stations which will be referred to are entered in the figure also.

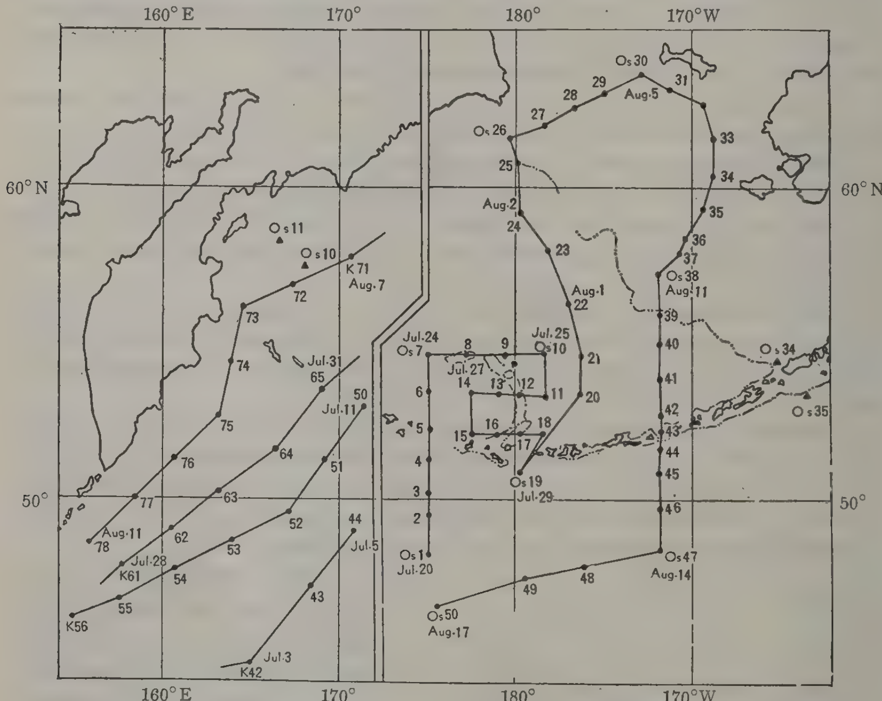


Fig. 2. Locations of the hydrographic stations occupied by the "*Oshoro Maru*" in 1956 and "*Komahashi*" in 1936 and several stations in 1955 cruise of the "*Oshoro Maru*". Abbreviations: Os, "*Oshoro Maru*" 1956; Os', "*Oshoro Maru*" 1955; K, "*Komahashi*" 1936.

The results of the 1957 cruise (Hokkaido Univ., 1958), of which data are now in press, will be dealt with in another paper being only somewhat referred to here.

2. Currents

The patterns of the currents shown in the two parts of Fig. 3 are drawn, as mentioned

previously, on the basis of data obtained by the "*Oshoro Maru*" in 1956 (the right part) and the "*Komahashi*" in 1936 (the left part) respectively.

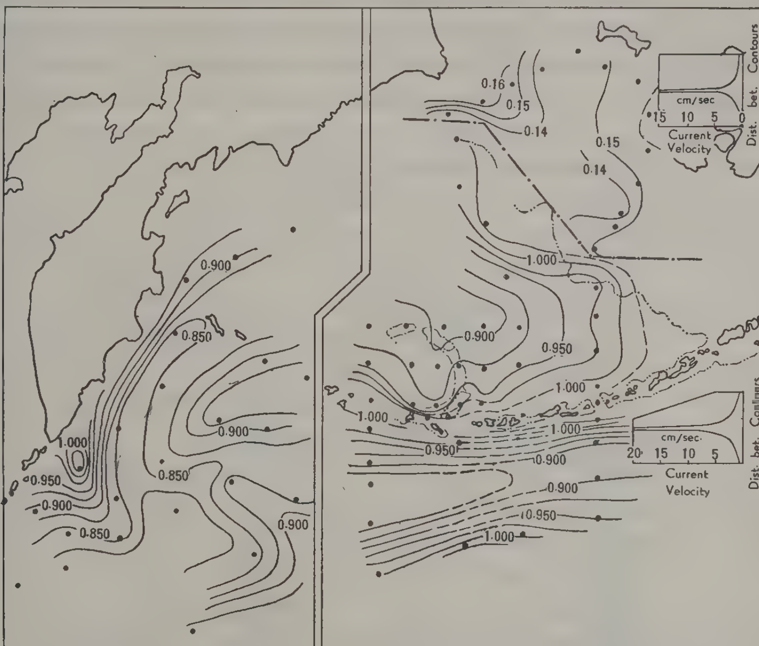


Fig. 3. Geopotential topography of the sea surface relative to the 800-decibar surface. On the shallow continental shelf, geopotential topography of the sea surface relative to the 50-decibar surface is shown.

These two parts of the figure, however, can be considered to represent the parts of an essentially identical condition of the hydrography.

The westerly current along the southern side of the Aleutian Islands, of which part is represented with the broken lines in the right part of the figure, may be regarded as a continuation of the northernmost part of the counterclockwise gyral in the Gulf of Alaska, part of which is a northward branch of the Subarctic Current (Sverdrup *et al.*, 1946). Such a feature of the current along the eastern portion of the Aleutian Islands and in the Gulf of Alaska is apparently seen also in the results of the observations made by "*Therese*" (Pac. Oceanogr. Group, Nanaimo, British Columbia, 1956).

This westerly current stretches as far west as beyond Attu Island toward the Kamchatka Peninsula, though it never reaches there, sending many branches into the Bering Sea through the channels between the Islands. Some details of them have been reported by Barnes and Thompson (1938). Returning to the northeast the major part of the flow enters

the Bering Sea close to the west of Attu Island and through the western channels. For this current the name "Alaska Current" will be used through the present studies. The volume transport of this current approximately estimated at the section Sts. Os 42–47 (Fig. 4), for the three layers from the surface to 150 meters, from 150 to 300 meters, and from 300 to 600 meters amount to about 24.8×10^5 m³/sec, 22.1×10^5 m³/sec and 25.6×10^5 m³/sec respectively, while the volume transport at the section Sts. Os 5–1 (Fig. 4) for the

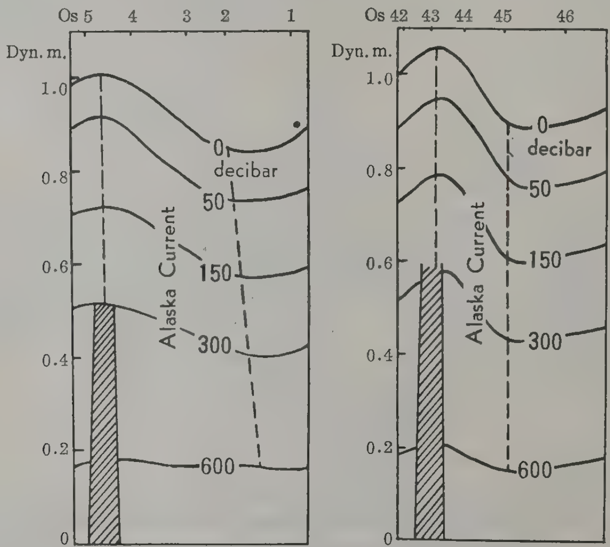


Fig. 4. Profiles of isobaric surfaces in dynamic meters relative to the 800-decibar surface in two sections across the Alaska current.

corresponding layers amount to about 23.2×10^5 m³/sec, 17.6×10^5 m³/sec and 17.2×10^5 m³/sec respectively. Thus the estimation of the volume of water entering the Bering from the Pacific through the channels indicates that it is relatively small at the shallower layers, though such estimation is not necessarily accurate, because, in the western portion, part of the water belonging to another current is added returning on its way. Between these two sections the Pacific water may be allowed to enter in largest volume through the Amchitka Pass because of the great depth of above 1000 meters; the isobaths near St. Os 12 are drawn referring to the isotherms as St. 12 is of a depth shallower than 800 meters.

On the northern side of the Islands, the current, as a whole, moves toward the east or northeast, then swings northwesterly along the bottom contour forming a large counter-clockwise circulation in the Bering Sea.

On the shallow continental shelf off Alaska, in the Bering Sea, the water flows

northward, however, part of it perhaps turns toward the southwest since the northward net flow to be allowed to pass through the Bering Strait is rather small (Barnes and Thompson, 1938), then further flows southwestward along the Asiatic coast as seen in the figure, lying over the offshore water. Thus, the major part of the water coming from the Pacific flows out of the Bering along the Kamchatka Peninsula after once have circulated in the Bering Sea. Forming a remarkable clockwise eddy off the southern head of the Kamchatka Peninsula this water further flows southwestward along the Kurile Islands.

Between this current and the western Subarctic Current a counterclockwise gyral seems to be formed over a considerably wide area. For convenience' sake, the name "Western Subarctic Gyral" will be used for this gyral through the present studies. One branch of this gyral extends to the north inrtervening between the western end of the Alaska Current and the southerly current off Kamchatka, another branch extends toward the east between the Alaska Current and the Subarctic Current.

The calculated velocities of the current at the sea surface relative to the 1200-decibar surface are, on the whole, of small values.

The velocity of the Alaska Current, in its eastern portion, is relatively high as much as 17.5 cm/sec, however, in its western portion it is reduced to about 7.5 cm/sec with the increase in width there. Fig. 3 represents the geopotential topography relative to the 800-decibar surface, the limit depth of the "*Komahashi*" observations, so that the calculation results in a little smaller values of velocity, 12cm/sec and 6 cm/sec corresponding to the above noted values respectively.

In the Bering Sea, the current is weak, on the whole, except along the Kamchatka Peninsula, not exceeding 10 cm/sec even at the region of relatively high velocity. Only along the coast of Kamchatka, however, does the velocity probably increase because the width of the current is submitted to a narrowing there; the velocity rises up to 20 cm/sec between Sts. K76 and K77.

In the Bering basin, the difference of the calculated velocities at the sea surface between those referred to the different reference levels above mentioned is only 1 to 2 cm/sec, suggesting the weakness of the current at deeper layers.

Such velocity of the current, in general, does not vary greatly within the upper layer of 100 meters or so from the surface; below this depth it decreases gradually until it becomes about a half that of the surface velocity at a depth of 300 meters (Fig. 5). However, the characteristic feature of this circulation can be seen even down to the 1000-meter level also in the case of the "*Oshoro Maru*" observations.

In the figures, the isobaths of the Alaska Current are drawn supposedly to be monotonous, however, the current is revealed to be more complicated in more precise observation such as that of the "*Oshoro Maru*" in 1957. As seen in Fig. 6 a remarkable eddy is formed between the Alaska Current and the Subarctic Current. And there, the Alaska

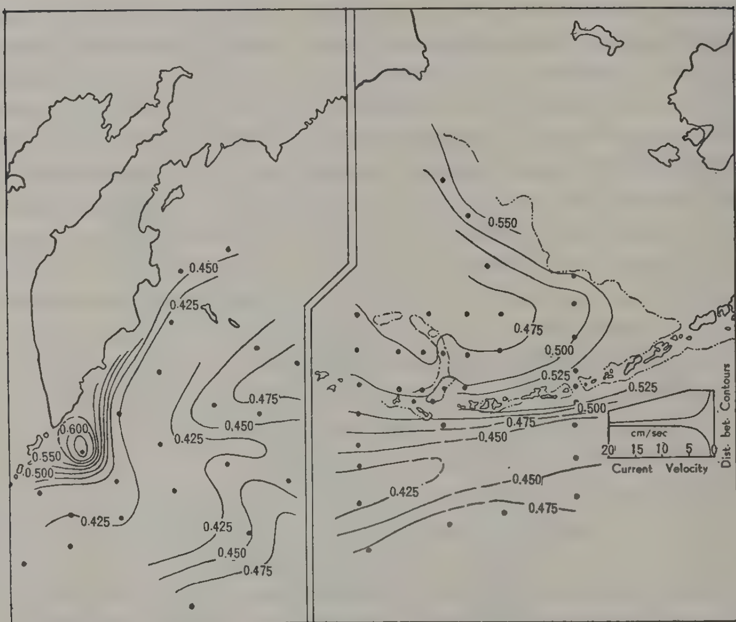


Fig. 5 Geopotential topography of the 300-decibar surface relative to the 800-decibar surface.

Current seems to be extremely narrowed. Referring to the temperature and chlorinity, the water in this eddy is of the same character as that of the Alaska Current. Therefore

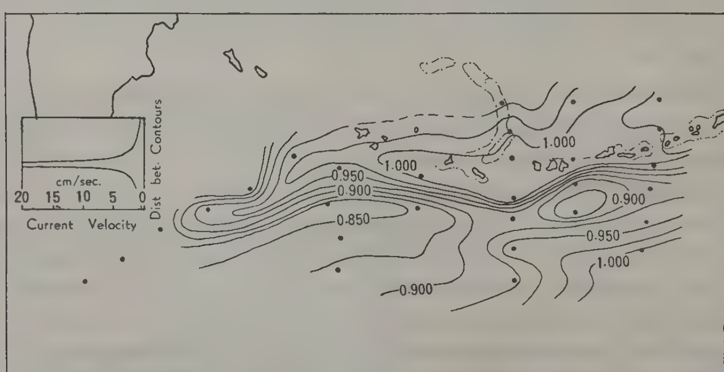


Fig. 6. Geopotential topography of the sea surface relative to the 800-decibar surface according to observations of the "*Oshoro Maru*" in the Aleutian region on June 19 to July 11, 1957.

such an eddy is supposed to have been separated from the main current after it had once protruded like a tongue toward the south and then to take counterclockwise circulation between the two opposite moving currents.

3. Water Masses and their Distribution

It has been stated by Sverdrup (1946) that the Alaska Current, in the Gulf of Alaska, has the character of a warm current in spite of the fact that it carries the water of the Subarctic Current since it comes from the south along the American west coast. The water of the Alaska Current, after entering the Bering, is severely cooled and transformed in winter, and then heated from the surface by radiation in summer circulating there. In the Western Subarctic Gyral, however, the water may be of more complicated character in consideration of the course of its flowing.

Representing the chracteristics of all the waters in the Bering Sea and the vicinity of the Aleutian Islands, the T–Cl relations for all of the stations shown in Fig. 2, except those in the boundary regions of the water masses, are plotted in Fig. 7.

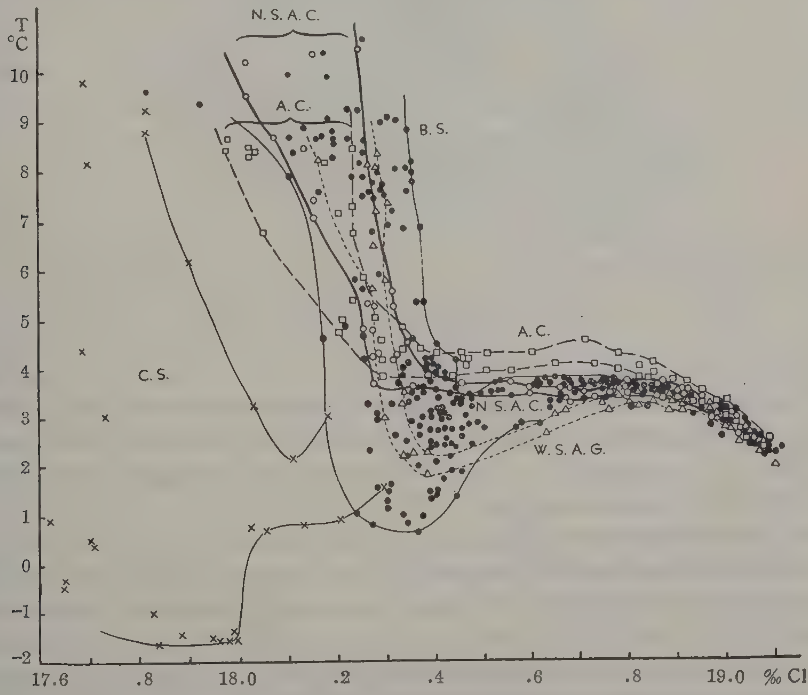


Fig. 7. Temperature-chlorinity relations for all stations shown in Fig. 2 except those in the boundary regions of water masses in the Bering Sea and the Aleutian region. Abbreviations: A. C., Alaska Current; B. S., Bering Sea; C. S., Continental shelf in the Bering; W. S. A. G., Western Subarctic Gyral; N. S. A. C., Northern portion of the Subarctic Current.

A general conspicuous feature of the stratification of the water in these regions is the presence of a minimum temperature layer which is called the Dichothermal layer, and the layer of a maximum temperature underlying it. Toward the deeper layers such as below 800 meters the waters become practically uniform everywhere in the regions.

Referring to the shapes of the curves, they may be classified into five groups as shown in the figure with different symbols. The distribution of so classified waters, with reference to Fig. 3, corresponds to the current systems as seen in Fig. 8. The values of the

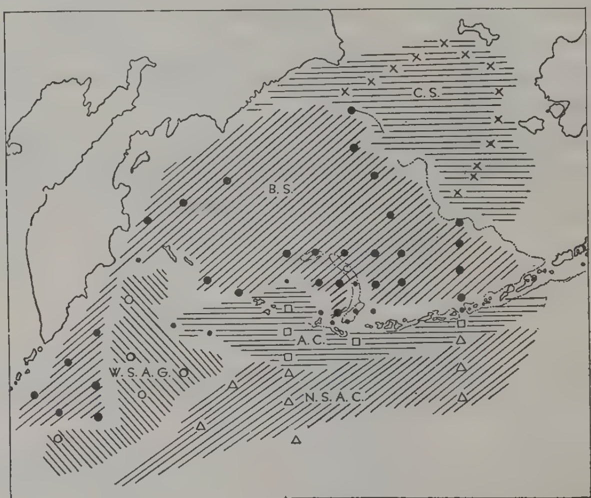


Fig. 8. Areas and boundaries of water masses.

temperature and chlorinity of the dichothermal layer as well as values of the maximum temperature layer show the characteristics proper to the particular waters. Of these waters the following character will be pointed out with reference to Fig. 9 showing the vertical distribution of the temperature and chlorinity of the water. In Figs. 7 and 9 the values for a thin surface layer are not plotted.

a) The water of the Alaska Current.

Except for the surface, the temperature is higher than that of any other waters in these regions through all layers. The dichothermal layer is scarcely found except in the western portion of this current. An indistinct layer of a slight minimum temperature is often found within the depth of 150 to 200 meters, however, it is of very different character as compared with the others found in the Bering Sea and the Western Subarctic Gyral; it lies below the halocline suggesting that it is not the bottom of the convection layer formed in the previous winter, while the other layers lie just above the halocline indicating that

they are characteristically themselves.

The chlorinity of the surface layer is as low as less than 18.0‰; from there increasing down to a depth of about 100 meters it reaches to 18.4‰ and below this level, beyond the slight halocline, increasing gradually with the depth it goes up to 19.1‰ at about 1500 meter depth.

b) The water of the Bering Sea.

On the shallow continental shelf off Alaska, where the depth of the sea is not exceeding 100 meters, the water has been severely cooled to below 0°C, and has extremely low chlorinity of 17‰ or so.

In the Bering basin, the dichothermal layer is very distinct; its temperature is 1°C in the northern portion while above 3°C in the southern portion; the depth is about 250 meters in the northern portion while it is 100 meters in the southern portion.

Though thus the temperature of the dichothermal layer ranges 1° to 3°C, the maximum temperature of the lower layer is 3.5° to 3.8°C and never decreases to below 3.4°C even at the lowest. The depth of the layer is about 400 meters in the northern portion, and 300 meters in the southern portion corresponding to the depth of the dichothermal layer.

The upper layer is nearly uniform in chlorinity of 19.3 to 19.4‰. The bottom of it corresponds to the dichothermal layer indicating just the bottom of the convection layer in the winter. Beyond the halocline, the chlorinity increases gradually with the increasing depth.

c) The water in the Western Subarctic Gyral.

From the surface to the dichothermal layer, which lies at a level of 100 meters, the water is uniform in chlorinity of about 18.3‰. The temperature of the dichothermal layer is about 2°C or so being rather higher than the lowest in the Bering, nevertheless the maximum temperature lying at a depth of 300 meters is lower than the lowest in the Bering Sea.

Below the dichothermal layer the chlorinity increases in the same way as in the Bering, however, it seems a little higher than the others down to the deep layer.

d) The water in the northern Subarctic Current.

The water of the Subarctic Current is, as well known, a mixture of the Kuroshio and the Oyashio water. In the northern part of this current, the surface water has been diluted by precipitation in the summer, however, its chlorinity is a little higher than that of the Alaska Current. The convection layer formed in the winter is a little lower in temperature than that of the Alaska Current.

Beneath it, an indistinct layer of minimum temperature appears within the depth of 150 to 300 meters such as is seen in the Alaska Current, however, for all lower layers the temperature is lower than in the Alaska Current, and becomes similar to that in the Western Subarctic Gyral.

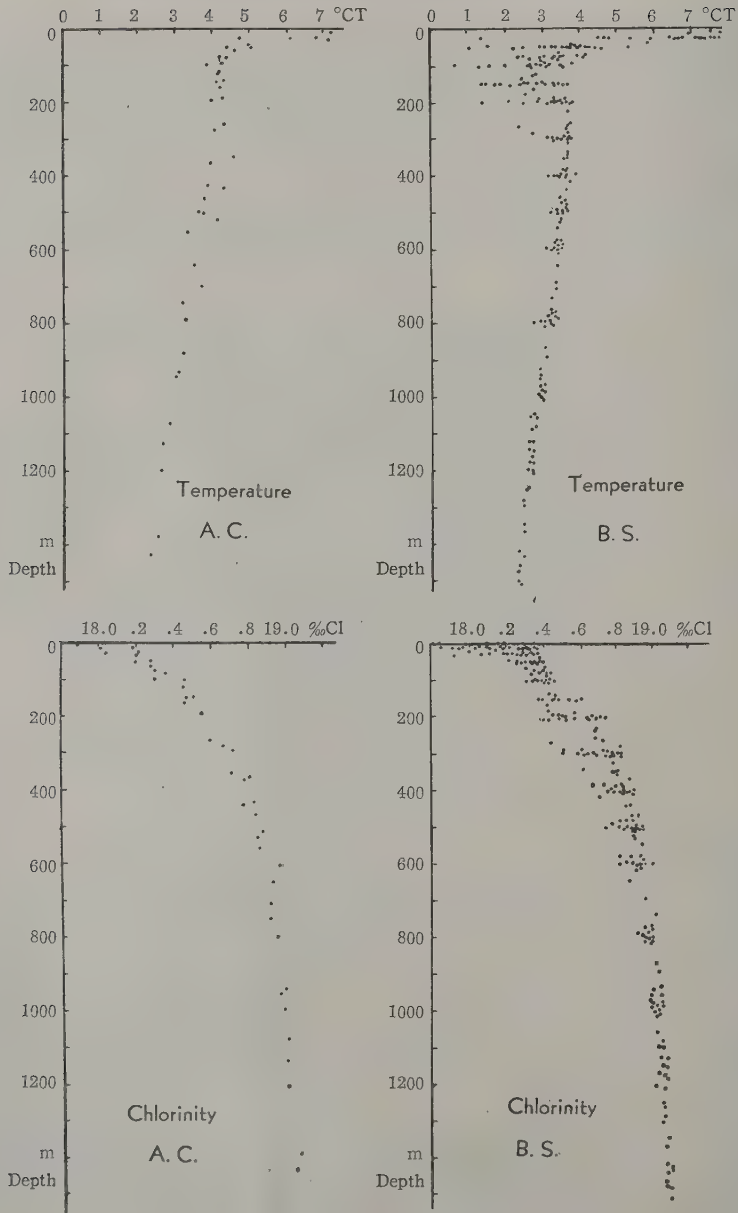
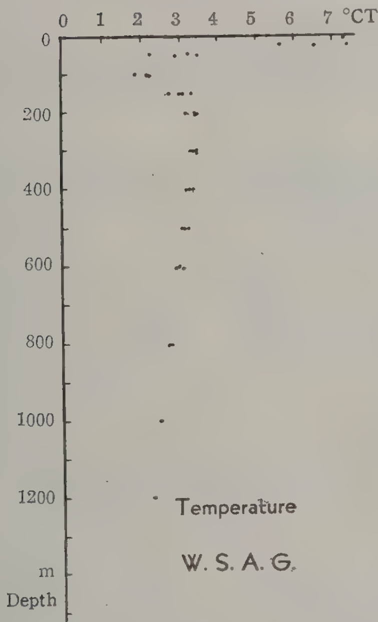
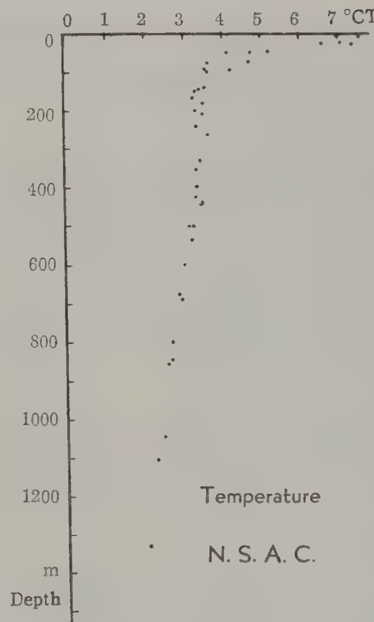
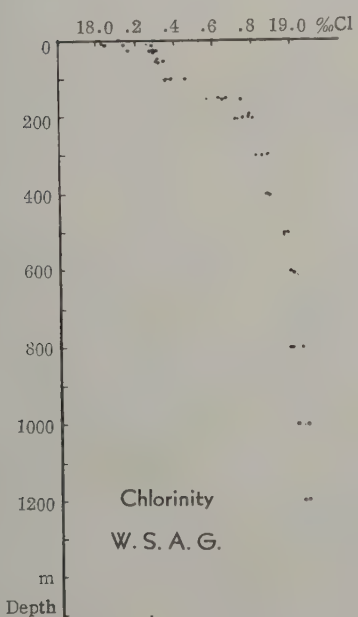
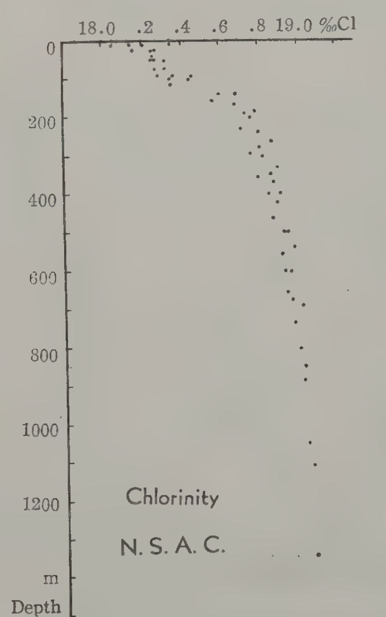


Fig. 9. Vertical distribution of temperature and chlorinity in each area of water masses.


0 1 2 3 4 5 6 7 °CT
0
200
400
600
800
1000
1200
m
Depth
Temperature
W. S. A. G.


0 1 2 3 4 5 6 7 °CT
0
200
400
600
800
1000
1200
m
Depth
Temperature
N. S. A. C.


18.0 .2 .4 .6 .8 19.0 ‰Cl
0
200
400
600
800
1000
1200
m
Depth
Chlorinity
W. S. A. G.


18.0 .2 .4 .6 .8 19.0 ‰Cl
0
200
400
600
800
1000
1200
m
Depth
Chlorinity
N. S. A. C.

4. Structure of Waters

More details will be presented for the characteristic layers in horizontal and vertical features.

a) Surface Layer

Near the northern continental shelf of the Bering Sea there are often encountered two stratified minima of temperature. Several records obtained are shown in Fig.10-a together with the vertical distribution of the chlorinity.

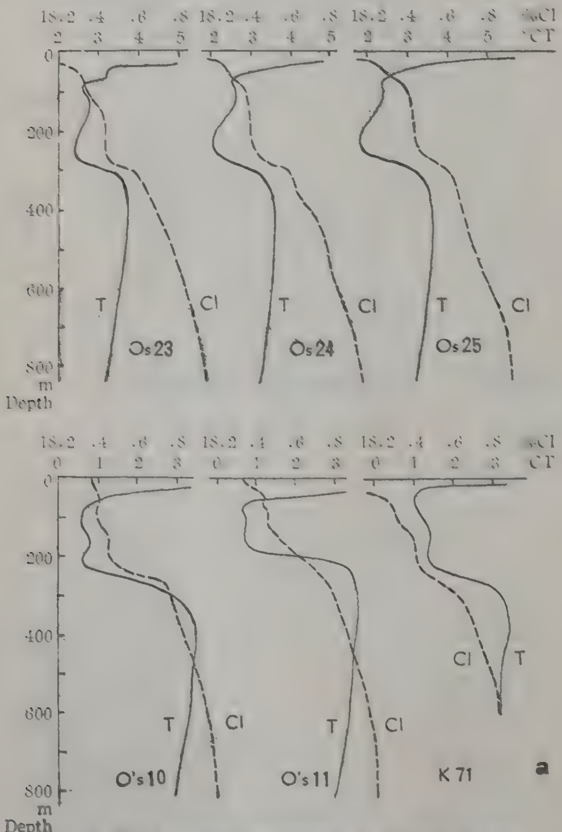


Fig. 10. (a) Vertical distribution of temperature and chlorinity at six stations in the northern region near the continental shelf in the Bering Sea.

The upper cold layer found at a depth of about 75 meters is less saline by about 1 ‰ Cl than the lower one which lies just above the halocline indicating the character of the bottom of the convection layer in the winter. Such a feature of the stratification of the waters may be attributed to the advection and lateral mixing of the more cooled and less saline water on the shallow continental shelf after the winter. Fig. 10-b shows the T-Cl curves for these waters suggesting the process of isentropic mixing. Thus, near the continental shelf, for the upper layer from the surface to the upper cold layer the water is much affected by the continental water. The area of the chlorinities below 18.3 ‰ in Fig. 11-b may be regarded to have been affected by the continental water.

It is almost impossible to obtain simultaneous patterns of the distribution of tempera-

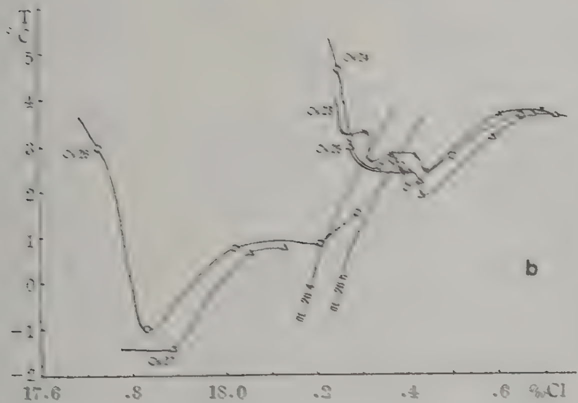


Fig. 10. (b) Temperature-chlorinity curves at several stations on and near th continental shelf showing the lateral mixing of waters at these stations.

ture and chlorinity on the present data since the observations ranged over a month. It has been reported that the surface temperature, in the early summer, rose about 1.5°C for twenty days in the Aleutian region (Watanabe, 1955). Glancing at all of the data used now, on the other hand, one finds that within a thin surface layer, from surface to 10 meters or 25 meters, waters often have been made nearly uniform at some places perhaps by wind action. To obtain more likely patterns of the temperature and chlorinity at the surface, therefore, the mean values of these at the surface and the 10-meter level are considered to be more suitable than themselves at the surface. The distribution of such mean values of temperature and chlorinity in the regions occupied during the first decade of August is shown in Fig. 11-a. Comparison of these two figures at the surface and the 50 meter layer shows that the charactaristic features of the former are entirely different from the latter, showing remarkably higher temperatures of the low saline waters near and on the continental shelf where the underlying waters are coldest. The lowness of the chlorinity of the surface water may be possibly due to ice melting after vernal heating, however, then the temperature would have been as low as that of the lower water. In Fig. 12 the difference of the temperature and chlorinity of the two layers are shown. It will be noticed that comparatively larger difference in temperature occurs in the region of the larger difference in chlorinity. From this fact it may be assumed that the surface layer of lower chlorinity has been more warmed because the larger vertical stability owing to the larger gradient of the chlorinity distribution prevents thermal diffusion downward.

Inshore the Aleutian Islands, in general, the surface water is lower in temperature and higher in chlorinity than corresponding values on both sides. As stated before, the Pacific water, as a whole, enters the Bering Sea passing through the channels between the Islands, however, on the other hand, Barnes and Thompson (1938) has stated that the Bering water near the Islands flows into the Pacific as an ebb-tide reversing to the Bering on a flood-tide. Thus the passing of the water through the channels decreases the temper-

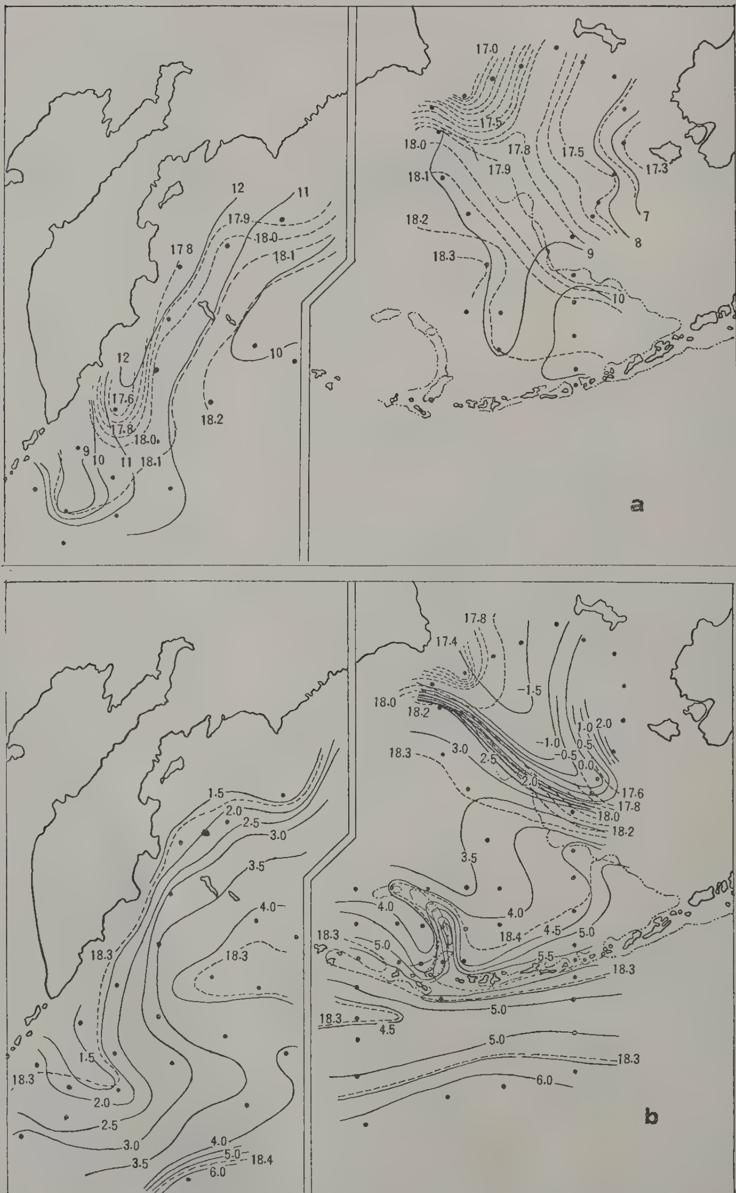


Fig. 11. (a) Horizontal distribution of the mean temperature and chlorinity of the sea surface and the 10-meter level in the first decade of August.

(b) Horizontal distribution of temperature and chlorinity at the 50-meter level.

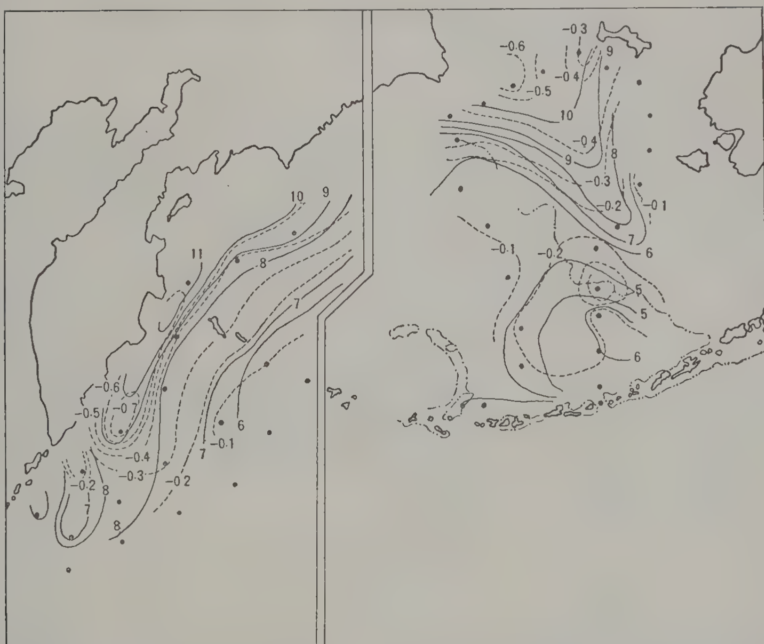


Fig. 12. Temperature and chlorinity difference of the surface (mean values taken as shown in Fig. 11-a) and the 50-meter level.

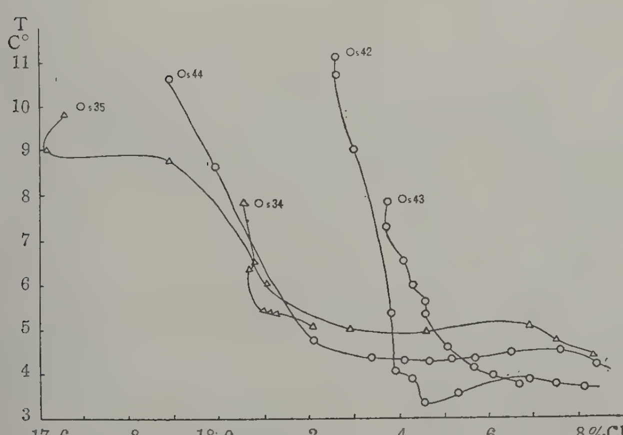


Fig. 13. Temperature-chlorinity curves at several stations occupied on and beside the Aleutian Ridge showing the vertical mixing when the water of either side of the Ridge passing over the ridge.

ature and increases the chlorinity at the surface layer in consequence of vertical mixing as seen in the several observations. Reversing in the lower layers, the water becomes rather uniform in the channels, therefore, its T-Cl curve is shortened resembling that on either side of the Islands where the water has come from. As examples several curves are shown in Fig. 13. For the reason above mentioned,

the water on the northern side of the Aleutian Islands is scarcely found to have such a low chlorinity as that in the Alaska Current.

b) Dichothermal Layer

The relatively warm water of the Alaska Current has scarcely been cooled so intensively as to contain a dichothermal layer in the summer in the course of its flowing westward in the eastern region. To the west of St.Os4 in the western portion of this current can be found the dichothermal layer having a temperature below 4°C.

The distribution of the minimum temperatures and their depths are shown in Fig. 14. The coldest water is encountered in the northern region and off Kamchatka; the westerly wind in the winter would have cooled the water most severely in such region exerting the convection down to the deep. As seen in Figs. 7 and 9, on the other hand, the chlorinities of the dichothermal waters are almost 18.4‰ or so in spite of the difference of their depths. This is probably due to such distribution of a less saline water in the surface layer before winter as seen in the summer now.

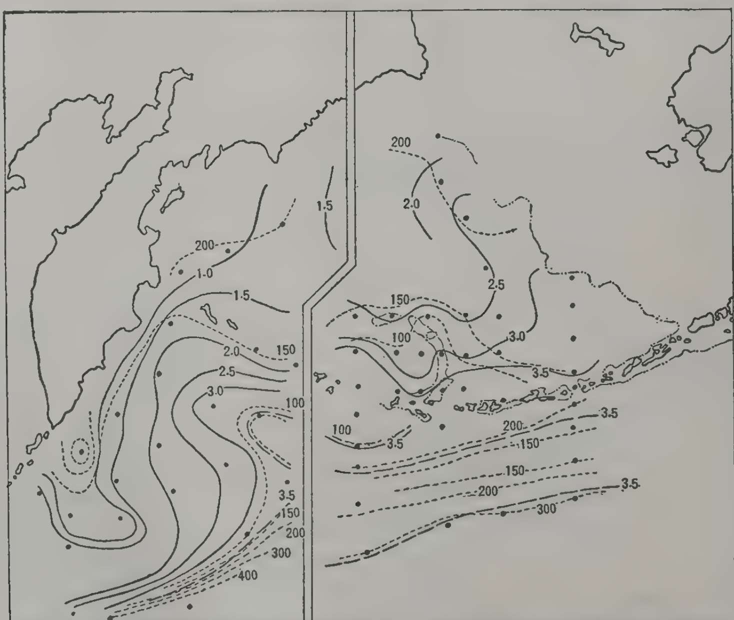


Fig. 14. Temperature in the dichothermal layer and topography of the layer.

In these values of temperature and chlorinity the dichothermal waters have various values of σ_t, the colder one the larger σ_t, since their chlorinities are almost the same. The

T-Cl curves for Sts. Os19-25 on the north-south section in the central Bering Sea, shown in Fig. 15-b, clearly represent the decreasing of σ_t toward the southern warm water from the northern cold water. Therefore, the minimum temperature waters are not to be considered to have been formed by the lateral mixing but they must be the bottom of the convection layer cooled in the previous winter, though, in the vertical profile of the temperature and chlorinity, the dichothermal layer seems to diffuse and spread southward from a northern origin. Uda (1935) has debuced that the dichothermal layer which is found in the cold Oyashio region and the Okhotsk Sea has been formed by the convection in the winter from the fact that the temrerature and salinity as well as the dissolved oxygen in the dichothermal layer are similar to those at the surface in the winter.

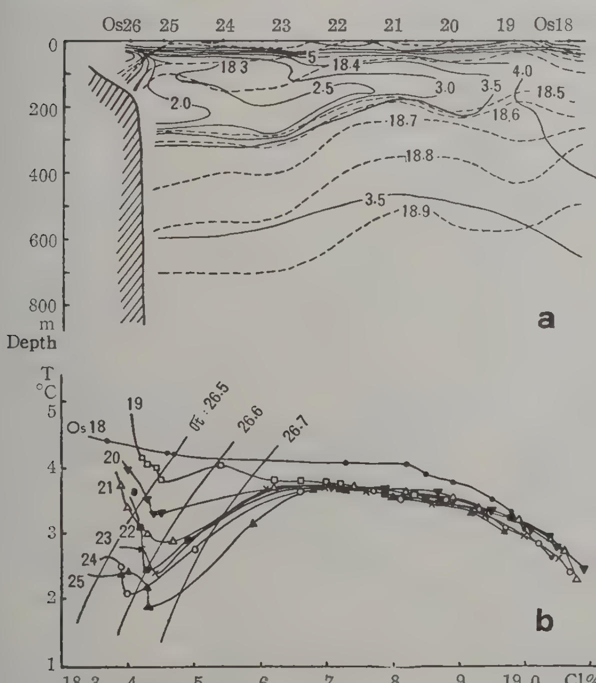


Fig. 15. (a) Temperature and chlorinity distribution in a longitudinal section through the central Bering Sea comprising Sts. Os 18-26.
(b) Temperature-chlorinity curves for stations in the section.

In Fig. 14, the isotherms drawn with the broken lines represent the minimum temperature of another character in the northern Subarctic Current and the Alaska Current as stated priviously. They come out from the southern edge of the Western Subarctic Gyral toward the east in the northern Subarctic Current sinking toward the south. The water of minimum temperature in the northern Subarctic Current, with reference to Fig. 7, is formed by mixing of the lower water of the Western Subarctic Gyral. In the Alaska Current, the layer of minimum temperature is formed by mixing of the water near the convection layer of the northern Subarctic Current as seen evidently in Fig. 7.

However, the appearance of them may be unstable.

c) Layer of Maximum Temperature

The distribution of the temperature in the layer of maximum temperature and the topography of the layer are shown in Fig. 16. In most of the area of the Bering sea, the layer appears at the 300-meter level and sinks down to below 400 meters in the northern portion where the dichothermal layer lies below 200 meters. The lowest temperature of this layer is encountered in a value of 3.41°C at the 400-meter depth at St. K71 where the minimum temperature is 1.37°C at the 200-meter depth. Off the Kamchatka Peninsula where the dichothermal layer lies at 100 to 150 meters with the temperature of below 1°C, the maximum temperatures are about 3.5°C at a depth of 300 meters. Thus, the value of the maximum temperature is varied by the vertical mixing depending upon the depth and the temperature of the dichothermal layer above it. As a result, the maximum temperature in the Bering Sea is never found decreased below 3.4°C.

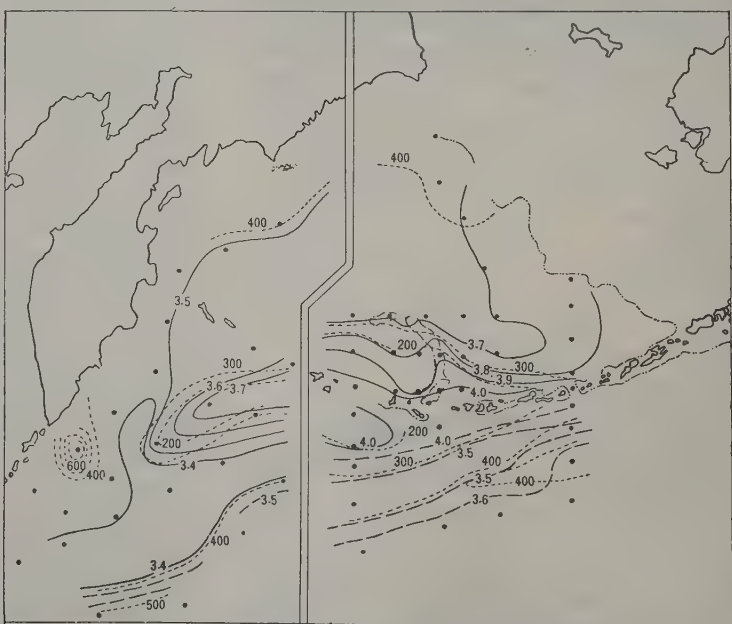


Fig. 16. Temperature in the layer of maximum temperature and topography of the layer.

In the Western Subarctic Gyral the water is quite different from that in the Bering having a maximum temperature slightly below 3.4°C, whereas the temperature of the dichothermal layer is about 2°C higher than in the Bering Sea. Accordingly, for the formation of this water one must take into account either the admixture of a more cold water of another origin or a continuing process of vertical mixing of the Bering water in

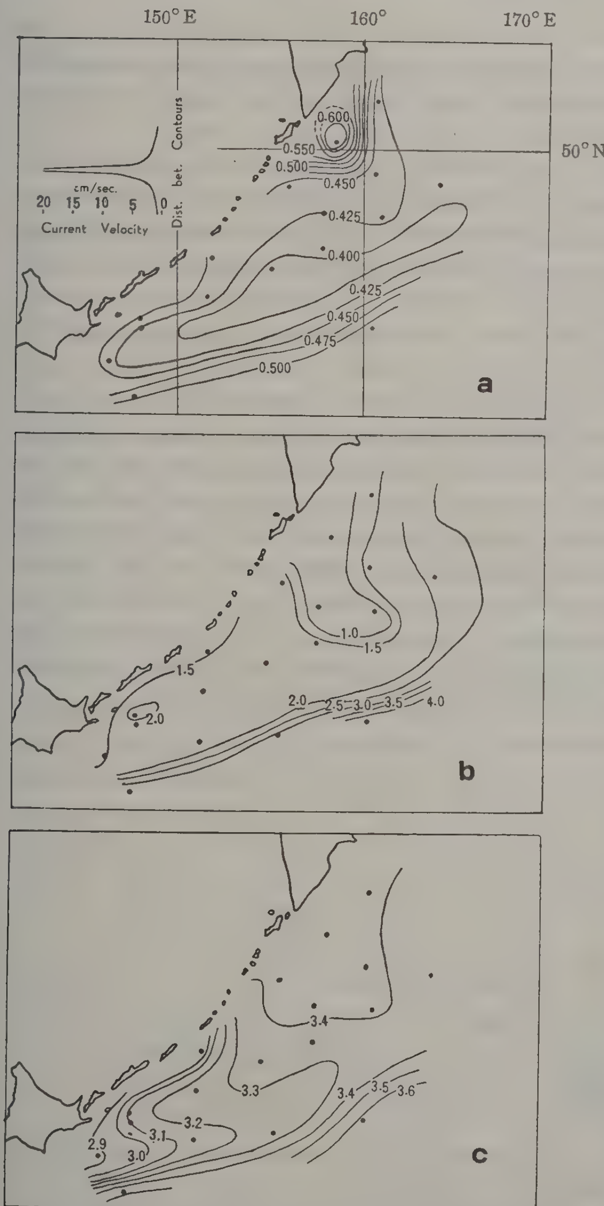


Fig. 17 (a) Geopotential topography of the 300-decibar surface relative to the 800-decibar surface according to observations of the "*Komohashi*" on June 17 to August 12, 1936.
(b) Temperature in the dichothermal layer.
(c) Temperature in the layer of maximum temperature.

the course of its flowing.

To carry a more extensive study into the further southwestern region, for that purpose, the current patterns at the 300-meter level and the distribution of both minimum and maximum temperatures are drawn in Figs. 17a–c using the data obtained during the period from June to August in the 1936 cruise of the "*Komahashi*".

As seen in the figure, the Western Subarctic Gyral occurs in a large area on the northern side of the Subarctic Current. Near the southern Kurile Islands, the isotherm of 1.5°C in the dichothermal layer suggests the flowing out and mixing of the Okhotsk water as asserted by Uda (1935), however, over the large area of this gyral, the dichothermal layer is 1.8° to 2.0°C in temperature, being accepted as a type of water which has been formed in this circumstance. At the layer of maximum temperature, a transition of the temperature is seen clearly off the middle portion of the Kurile Islands, indicating the outflow of the cold Okhotsk water; there mixing

together they flow southwestward along the southern Kurile Islands. When part of this mixture is turned toward the east off Hokkaido along the Subarctic Current its temperature is 2.85°C. Increasing the temperature by lateral mixing with the water of the Subarctic Current, the mixture flows northeastward on the right part of this gyral.

Thus the lower water of the Western Subarctic Gyral has decreased the temperature as a result of mixing with the water of the Okhotsk Sea. Saito (1952) has inferred that the intermediate water in this region is a mixture of the intermediate waters of the Okhotsk and the Bering Sea from the fact that the T-S curves of the intermediate water in the region are implied between the mean T-S curves in the Okhotsk and the Bering Sea.

The water of the northernmost portion of the Subarctic Current is a mixture of all these waters.

In the lower layers all over these regions, the water of the Alaska Current decreases in chlorinity because of vertical mixing going on in the Bering circulation as treated mathematically by Hirano (1957); further, flowing off the Kurile Islands it becomes more diluted by mixing with the Okhotsk water. In the Western Subarctic Gyral, thus the water has been diluted, however, it shows rather higher chlorinity than the surrounding waters at the same levels on account of the ascending motion taking place in the gyral. Showing such a feature, the distribution of chlorinity at the 300-meter level is presented in Fig. 18. In the Bering, moreover, the development of the convection in the winter may more effect the mixing with the lower layer, since the chlorinity is lowest at the northern region where the dichothermal layer lies deepest while toward the southwest it increases again on the



Fig. 18. Horizontal distirbution of chlorinity at the 300-meter level.

current along Kamchatka.

The ranges of the values in the vertical distribution in these regions are to be compared with each other in Fig. 9 previously shown.

5. Summary

On the basis of data obtained by the "*Oshoro Maru*" in 1956 and the "*Komahashi*" in 1936, descriptions and considerations have been given to the current systems and the structure of waters in the Bering sea and the Aleutian region, which are summarized as follows:

1) Along the southern side of the Aleutian Islands, the Alaska current, which originates in the Gulf of Alaska, flows westerly. The major part of this current flows into the Bering Sea close to the west of Attu Island and through the western channels. In the Bering Sea, waters from the Pacific take counterclockwise circulation, and then flow out along the Kamchatka Peninsula toward the southwest. Between this flow from the Bering and the easterly Subarctic Current, a counterclockwise gyral, named the Western Subarctic Gyral in this paper, occurs. On the continental shelf off Alaska, the water flows northward, however, part of it turns toward the southwest and flows along the Asiatic coast.

2) The waters in these regions, referring to the T-Cl curves, are classified into five groups. The distribution of them corresponds to the current systems above stated.

3) The water of the Alaska Current is relatively warm, and has low chlorinity in the surface layer. In the eastern portion of this current, the water has scarcely been cooled so intensively as to contain a dichothermal layer in the summer. An indistinct layer of minimum temperature is formed below the convection layer by mixing of the water of the northern Subarctic current.

4) Inshore the Aleutian Islands, the surface water is lower in temperature and higher in chlorinity than corresponding values of both sides in consequence of the vertical mixing when the water passes over the ridge.

5) On the shallow continental shelf in the Bering, the water has been severely cooled to below 0°C, and has extremely low chlorinity especially at the surface in summer. However, the surface in this region, as well as in the coastal region of Kamchatka, is more warmed than the central Bering because of the larger vertical stability in summer.

6) In the Bering basin, the dichothermal layer is very distinct; its temperature ranges 1° to 3°C, the depth ranges 100 to 250 meters, and in the northern portion the temperature is lowest and the depth is deepest. The dichothermal layer in this region, as well as that in the Western Subarctic Gyral, characteristically indicates the bottom of the convection layer formed in the previous winter. Near the northern continental shelf, there are encountered two minima of temperature of which the upper one is attributed to the mixing of the more cooled water on the continental shelf. The muximum temperature in the lower

layer is never found decreased to below 3.4°C even at the lowest in the northern portion.
7) In the Western Subarctic Gyral, the temperature of the dichothermal layer is about 2°C, and the depth is 100 meters, nevertheless the maximum temperature lying at the 300-meter level is lower than the lowest in the Bering. The lower water in this region is a mixture of the lower waters of the Bering and the Okhotsk Sea.
8) In the northern Subarcric Current, an indistinct layer of minimum temperature appears below the convection layer, and for all lower layers the temperature is lower than in the Alska Current. The lower water in this region is a mixture of the lower waters of the Subarctic Current and the Western Subarctic Gyral.
9) In the lower layers all over the regions, the water of the Alaska Current decreases in chlorinity because of vertical mixing going on in the Bering circulation, especially in the northern portion of the Bering owing to the development of the convection in the winter. In the Western Subarctic Gyral, the water has been more diluted by mixing of the Okhotsk water, however, it shows rather higher chlorinity than the surrounding waters on account of the ascending motion taking place in the gyral.

Acknowledgment

The authors are much indebted to all members of the staff aboard for their hearty help during the work on the "*Oshoro Maru*". To them the authors express deep gratitude.

They express also their sincere thanks to Mr. K. Kato and Miss Kyoko Shikauchi for their aid in chlorinity titration.

References

Barnes, C. A. & Thompson, T. G. (1938). Physical and chemical investigations in Bering Sea and portions of the North Pacific Ocean. *Univ. Wash. Pub. Oceanogr.* 3 (2).

Hirano, T. (1957). The Oceanographic Study on the Subarctic Region of the Northwestern Pacific Ocean-II. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* No. 15.

Hokkaido University (1958). *Data Rec. Oceanogr. Fish.* No. 2.

Marine Safety Agency Tokyo, Japan (1951). The Results of Oceanographic Observation in the North-Western Pacific Ocean. *Hydrographic Bull.* Spec. No. 8.

Pacific Oceanographic Group Nanaimo, British Columbia (1956). *Physical, chemical and Plankton Data Record.*

Saito, Y. (1952). On the Oyashio Current (Part 1). *Jour. Iust. poly. Osaka City Univ.* 3 (2), Series B.

Sverdrup, H. U. *et al.* (1946). *The Oceans.* 1087p. New York; Prentice-Hall, Inc.

Uda, M. (1935). On the distribution, formation and movement of the dichothermal water in the North-Western Pacific. *"Umi to Sora"* 15 (2).

Watanabe, N. (1955). Hydrographic Condition of the North-Western Pacific (Part 1). *Jour. Oceanogr. Soc. Jap.* 11 (3).

函館産カレイ類の品質

第1報 函館産カレイ類
—その商品学的研究—

大　石　圭　一
（北海道大学水産学部食品化学教室）

Quality of Flatfish from Hakodate

1. Flatfish from Hakodate
—from the viewpoint of study of merchandise, not from the biology—

Keiichi ŌISHI

Abstract

1. Fifteen species of flatfish are bought and sold in the Hakodate Wholesale Fish Market. Their common and scientific names are cited as shown in Table 3.
2. The quantity of these flatfish dealt in is shown in Table 3. One unit correspounds to 3.75 kg.
3. The fishing grounds and methods of catching flatfish can be deduced from Table 5, in which the number of fishermen in every fishing ground and every fishing method are mentioned.
4. The spawning seasons are conducted from the next methods; Calculate the ratio gonad weight g/body weight g of every flatfish in every month through one year. Divide proportional as to the mean value of this ratio is to 100, and give the term $[G/w]_{100}$ to this value. Multiply the formula (1) by $\frac{100}{x}$ and the formula (2) is obtained. As the numerical value of the term $\frac{S \times 100}{\bar{X}}\sqrt{\frac{n+1}{n}F^{1}_{n-1}(\alpha)}$ in the formula (2) of the six ***magarei*** (***Limanda herzensteini***) caught at February corresponded to 130, so the minimum value of $[G/w]_{100}$ to be abandoned is determined to be 230. The spawning season determined by such method is shown in Table 7. The seasonal variation of palatability of flatfish is not ascertained scientifically.
5. The ratios of edible parts to the whole body and the most suitable cooking methods for every species of flatfish are shown in Tables 9 and 10.

ま え が き

この研究の目的は魚類の品質を決定する要因の探究にある。その方法として

(1) 品質を異にする多くの魚を選び，

(2) 品質の程度を決め，

(3) 魚肉の成分・状態等を分析し，これらと品質とを対応させて考察することにより，品質決定の要因を見出そうとするものである。

この研究に於ける品質の評価は同一次元に於いて行われるものでなければならない。ということは，それらの魚は形態的にもまた利用上の特色なども共通した所があつて，品質の評価基準に著しい隔りがあつてはならないと言うことである。例えば，フグとマグロとは共に美味なるものであるがその味には本質的な差が

あり，したがつて評価基準も自ら異ならなければならない。若しこの両者の優劣を同一基準で論ずるとすればそれは全く無意味なことである。

本研究では研究対象として函館産カレイ類を選んだのであるがその理由は，

(1) 先ず第一に，函館産カレイ類は同一の亜目に属し，同じカレイであるという概念で品質を論じうる。

(2) 次に函館では多くのカレイ類が四季を通じて市販されておりその品質は市民に膾炙されている。それ故，品質判定の基盤が既に醸成されていて都合がいいからである。

(3) 次にこれらの品質の優劣の範囲は極めて広いことである。例えば，魚類中最高の品質であるヒラメより，下は鮮魚として食用困難な程品質の劣るサメガレイ，アブラガレイの如きものまでを含まれていることである。

(4) 次にカレイ類は主として沿岸性のものであり，函館産カレイ類は総て函館近海で漁獲され，鮮度一定且つ良好のものが入手し易い点である。

(5) 最後に，函館は日本最大の漁港であつて魚介類は量に於て潤沢であり，魚の品質評価が量の多寡によつて影響される所が極めて少いからである。

以上のカレイ類の品質評価は函館地方在住の人々の評価基準によつた。それ故多分に函館というローカルカラーが加つている。さればこそ特に〝函館産〟と銘打つた次第である。

研究の段階として，研究の対象となつたカレイ類の特質を商品学的に整理して第1報となすのであるが，特に商品学と断つたのは生物学的なるものと区別しようとした為である。本研究では市場性のないものは，形態上，生理上重要な問題のあるものでも採上げなかつたし，品質・利用度のよく似ている種類はなるべくまとめて考えようとした。かゝる態度を商品学的と称したのである。

1 函館産カレイ類の種類

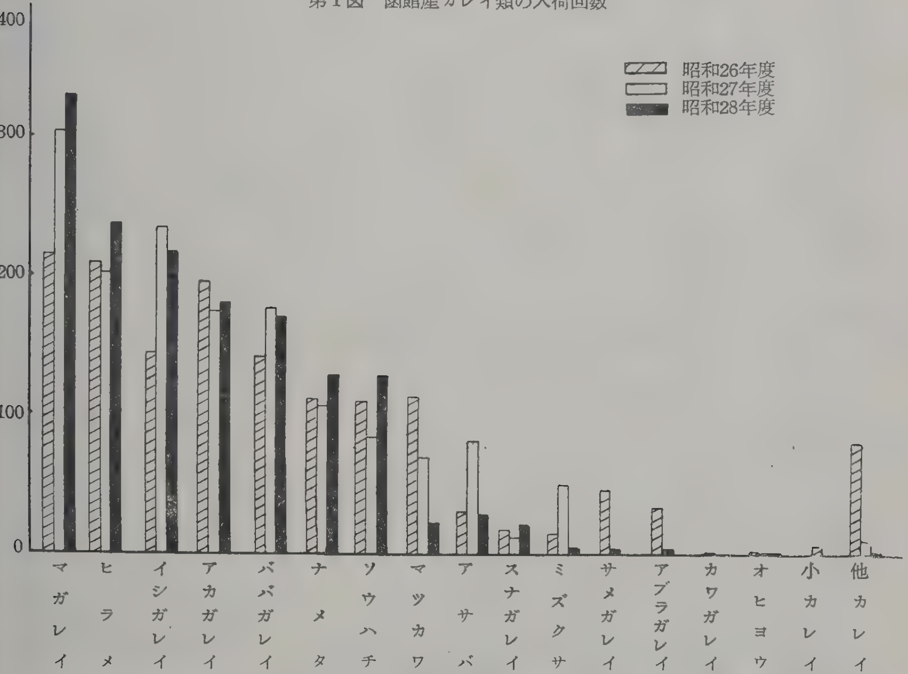
第1表 昭和28年度函館産カレイ類の種類別入荷回数

種類＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
マガレイ	23	21	29	25	27	28	29	30	30	29	29	30	230
ヒラメ	12	1	2	11	23	27	29	28	22	27	25	30	237
イシガレイ	15	8	13	1	2	19	26	29	26	26	24	29	218
アカガレイ	21	18	27	10			2	6	21	26	23	27	181
ババガレイ	10	10	7	13	24	17	9	5	9	15	24	28	171
ナメタ	22	21	9						10	23	24	20	129
ソウハチ	10	22	15		1	2	4		11	20	23	30	128
マツカワ	4									1	7	10	22
アサバ	5	3	5		1				8	7			29
スナガレイ								8	10	2	1		21
ミズクサ				1		1		1			1	1	5
サメガレイ											3		3
アブラガレイ													
カワガレイ													
オヒヨウ												1	1
小カレイ													
他カレイ						1							1

函館唯一の鮮魚介類卸売市場である函館水産物株式会社の昭和26年から28年までの取扱台帳を資料として調査し整理して，この研究を行つた。第1表にはこれら3年間の代表として昭和28年度の魚種別，月別入荷回数を示した。昭和26，27の両年もほぼこれと同様の傾向であつ

た。これを示す為に第1図に3年間の種類別取扱回数の合計を示した。第1表及び第1図から商品として重要な函館産カレイ類の名称が知られるであらう。これらの図表に示された数値はそのまゝ函館市民の眼に触れる頻度と解しうる。これらのうち最も重要な種類は，マガレイ，ヒラメ，イシガレイ，アカガレイ，ババガレイであつて取扱数が最も多く隔日或はそれ以上となつている。次に，ナメタ，ソウハチ，マツカワ，アサバ，スナガレイが重要で月に2〜10回入荷している程度である。ミズクサ，サメガレイ，アブラガレイ，カワガレイ，オヒョウは極く稀に入荷している種類である。小カレイとは小魚でそのカレイ固有の品質が明かに示されていないものであり，他カレイとはこれら以外の種類で極く稀に入荷して商品として意義の低いものであるか，又は入荷量が少いもの2〜3種を混ぜたものである。これらは商品として重要でないので今後の研究から除くことにする。したがつて商品学的には函館産カレイ類は前記15種ということになる。

第1図　函館産カレイ類の入荷回数



次に魚市場の名称と標準和名とを比較する。第2表に函館産カレイ類の市場名，函館に於ける別名，〝北日本産鰈類〞に見られた疋田氏[1)]の呼称，〝魚の形態と検索〞に見られる松原氏[2)]の呼名を記す。疋田氏[1)]と木下氏[3)]とによつてアイヌ名も調べられているが，両氏の結果は必ずしも一致していない。これについて木下氏[4)]は方言の相違であろうと推測している。アイヌ名の存在することによつて往昔の漁法の程度をほぼ察知しうるであろう。また，多種類のカレイが識別されていたということは，北海道ではカレイ類が饒産していたことを物語るものであろう。然しながら比較的遠洋性のアブラガレイが識別されていたのに，沿岸性のアカガレイ，ナメタ，ミズクサが識別されていなかつたのは不思議である。

第2表の疋田氏が称するナメタとは，松原氏の言うヤナギムシガレイとヒレグロとを一緒にしたものである。函館の魚市場でも両者を特に区別していない。函館市場でナメタをオイランと称することがあるが，こ

第2表　函館産カレイ類の呼称

函館市場名	疋田名	松原名	函館別名
マガレイ			(クロガシラガレイと混同)
ヒラメ			テックイ
イシガレイ			イシモチ
アカガレイ			
ババガレイ			
ナメタ		ヒレグロ (ヤナギムシガレイ)	オイラン (ヤナギムシガレイと混同)
ソウハチ			
マツカワ	クロスジガレイ		タカノハ
アサバ			
スナガレイ			
ミズクサ		ムシガレイ	ミズガレイ
サメガレイ			
アブラガレイ			
カワガレイ	タカノハ	ヌマガレイ	ヌマガレイ・タカノハ
オヒヨウ			

れは全く別名として呼んでいるのであつて，両者を識別していてその一方を区別してこのように呼んでいるのではない。田中・阿部両氏[5]はヤナギムシガレイとヒレグロとを同一種と考え，前者は幼時のもの，後者は成長期のもの，又前者はやゝ浅い所に，後者はやゝ深い所に棲んでいるとしている。上野氏[6]によると函館市場で言うナメタの99%は無眼側の頭部に粘液窩があり且つ無眼側一面が黒つぽいヒレグロ型であり，残り1%はヤナギムシガレイ型のものである。両者の異同については生物学的には大いに論ぜねばならないだろうが，函館市場を基盤とした商品学の場合には大した問題ではない。

函館市場では往々にしてクロガシラガレイをマガレイと混同していることがあるが，両者の品質はよく似ており，又前者の量は少いので意識的に混同しているもののようである。これはナメタの場合と同様商品学的には問題がない。マツカワとカワガレイとは共にタカノハの別名があつて，名前の上では両者が混乱していることがあるが，実物についてはよく識別されていて混同されることは絶無である。その理由はマツカワが極めて美味であるのにカワガレイは不味で，これを識別出来なかつたら商売にならないからである。

第3表　函館産カレイ類の学名

函館市場名	学名
マガレイ	*Limanda herzensteini* Jordan & Snyder.
ヒラメ	*Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel).
イシガレイ	*Kareius bicoloratus* (Basilewsky).
アカガレイ	*Hippoglossoides dubius* (Schmidt).
ババガレイ	*Microstomus achne* (Jordan & Starks).
ナメタ	*Glyptocephalus stelleri* (Schmidt).
ソウハチ	*Cleisthenes pinetorum herzensteini* (Schmidt).
マツカワ	*Verasper moseri* Jordan & Gilbert.
アサバ	*Lepidopsetta mochigarei* Snyder.
スナガレイ	*Limanda punctatissima* (Steindachner).
ミズクサ	*Eopsetta grigorjewi* (Herzenstein).
サメガレイ	*Clidoderma asperrimum* (Temminck & Schlegel).
アブラガレイ	*Atheresthes evermanni* Jordan & Starks.
カワガレイ	*Platichthys stellatus* (Pallas).
オヒヨウ	*Hippoglossus stenolepis* Schmidt.

以上で函館の市場名と標準和名との関係を明にし得たので第3表に函館市場名と松原氏[2]の採用している学名を記した。但しナメタの学名としてはヒレグロのみを採用した。本研究で用いたナメタはヒレグロ型のもののみを選び，マガレイの場合もクロガシラガレイを混同しなか

つた。

2　産　　額

種類の場合と同様昭和26年から28年までの函館水産物株式会社の取扱台帳を資料とした。第4表に昭和28年度の月別，種類別の入荷数量を示した。昭和26，27の両年もほぼこれと同様である。第2図にはこれら3年間の種類別入荷量の総計を示した。魚種の配列は入荷回数の大きいものを先にした。これによると，マガレイ，ヒラメ，イシガレイ，アカガレイ，ババガレイ，ナメタ，ソウハチ，アブラガレイは多獲魚で，マツカワ，アサバ，スナガレイ，ミズクサ，サメガレイは中等程度であり，カワガレイとオヒヨウとは僅少の部に属する。

第4表　昭和28年度　函館産カレイ類の種類別入荷量　(単位貫)

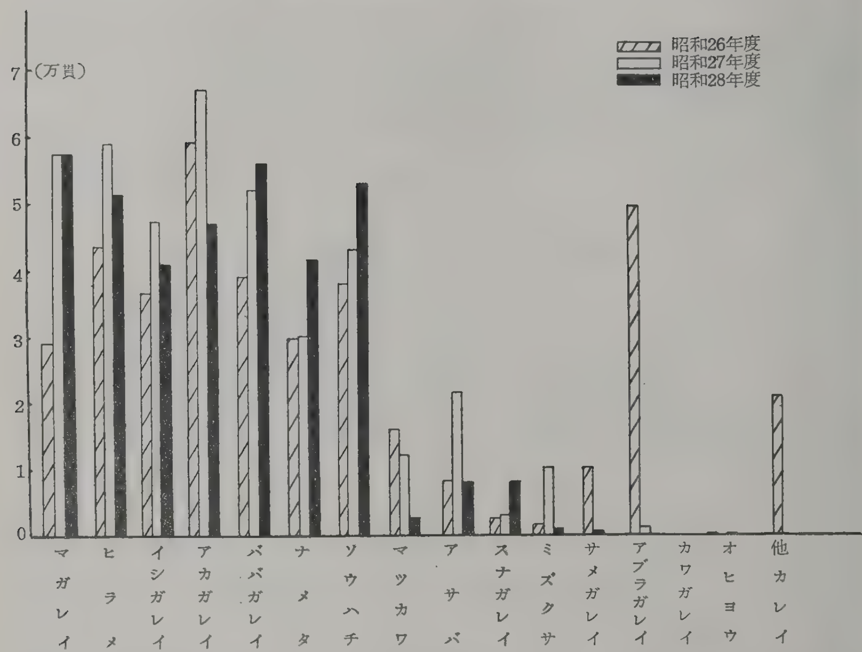
種類＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
マガレイ	2680	2150	5800	3150	5950	6300	4720	3950	4700	6200	6300	5750	57650
ヒラメ	1270	150	400	2700	6800	10950	8250	3850	2950	3370	4050	6800	51540
イシガレイ	2330	1000	2950	100	300	3150	3200	3400	5750	6350	4050	8500	41080
アカガレイ	3300	3250	9000	1250			200	1100	4950	9750	7300	7250	47350
ババガレイ	1550	1250	2100	2150	9050	6250	2500	700	1200	8750	6150	14350	56000
ナメタ	3900	4800	2950						5450	11000	7250	5900	41250
ソウハチ	2400	5850	6200		750	750	850		6600	9450	5500	11950	50300
マツカワ	250									100	950	1250	2550
アサバ	800	400	1100		750				2850	2150			8050
スナガレイ								1100	5250	1150	400		7900
ミズクサ				50		200		100			200	100	650
サメガレイ											500		500
アブラガレイ													
カワガレイ													
オヒヨウ													
他カレイ												200	200
合計	18480	18850	30500	9400	23600	27600	19720	14200	39700	58270	42650	62050	

3　漁　法・漁　場

魚種別，地域別，漁法別の漁獲高の統計が関係諸官公署に整備されていないので使用出来なかつた。これに代るものとして，昭和28年度渡島支庁水産課の資料及び昭和30年度函館市役所水産課の資料を参照して，漁獲高は従業員数と幾分かでも関係があろうという考えの下に，漁法別，地域別のカレイ漁業従業員数を調べ第5表に示した。魚種別のものについては利用出来る統計を見出し得なかつた。漁法としては，(1)延縄，(2) 底建，(3) 刺網，(4) 船曳，手繰，(5) 一本釣の5種とし，地域は市町村の行政単位毎に分けた。函館の (4) に属する漁業は機船底曳であつて，これのみは地前水面で操業するのではなく室蘭沖など太平洋側の沖合で漁業しているのである。

これら地域による漁業形態の相違を規正するものは第一に海底の地形，形状，海流などで，更に資本力等

第2図 函館産カレイ類の入荷数量



第5表 地区別 漁法別カレイ漁業従業員数

	延縄	底建	刺網	船曳	手操	一本釣
福島町				270		
知内村				17		
木古内町				72		
上磯町		100		20		
函館市	45	75	30	30		
銭亀沢村		61				
戸井村	14				56	21
尻岸内村	62					
臼尻村		15				
鹿部村	100					
砂原村		122			40	
森町		152				
落部村		4	20		30	
八雲町			35	46		
長万部町		20	148	54		

の影響が加わつているのであつて，魚種による習性の相違によつて制限されていることは少いようである。また函館近海のみを採上げるならば，地域的カレイ類の魚相の相違は著しくないようであり，魚種が一様に分布していると考えても差支えない。本研究で研究資料として用いたものの多くは，これらの漁場からこれらの漁法で漁獲したものである。

4 産卵期と"シユン"

函館産カレイ類の産卵期に関しては疋田氏[1]と水産庁調査研究資料課[7]の調査があるが，本

研究でもこれに着手した。その方法は各カレイ類を1年間に亘つて毎月1乃至数尾ずつ採取し，生殖巣重量（G）及び体重（W）を測定し，その比率G/Wを算出し，更に1年間のG/Wの平均が100になるように按分して〔G/W〕100の記号で示し，これに一定の基準をおいて産卵期を判定した。

その方法は棄却限界法の式……(1)に $\frac{100}{\bar{x}}$ を乗じて，(2)式を導いた。(2)式は〔G/W〕100の意義を判定するのに役立つ形で，

$$\bar{x} \pm S\sqrt{\frac{n+1}{n} F^{1}_{n-1}(\alpha)} = K \cdots\cdots (1)$$

$$100 \pm \frac{S \times 100}{\bar{x}}\sqrt{\frac{n+1}{n} F^{1}_{n-1}(\alpha)} = K' \cdots\cdots (2)$$

但し　S……標準偏差

$\bar{x}$……平均値

n……試料の数

100は，この平均値の100であり，$\frac{S \times 100}{\bar{x}}\sqrt{\frac{n+1}{n} F^{1}_{n-1}(\alpha)}$ は棄却すべき上限と下限とを示している。このうちルート内は試料の数nによつて決る常数で，nが大きくなるにつれて値が小さくなつている。$\frac{S}{\bar{x}}$ は変動係数である。いま，〔G/W〕の個体変動の程度は各カレイ類に共通しており，その値は函館2月産マガレイの変動と同じであると仮定し，マガレイについて個体変化を実測し，(2)式に代入すると〔G/W〕100の棄却すべき限界が得られることになる。実際，2月に任意に得た中等大の6尾のマガレイ（雌5尾，雄1尾）について行つた結果棄却すべき上限は6尾の場合は130，雌5尾の場合は30であつた。棄却してもよいと判定されたものは通常の個体変化の外に出ている異常のものであり，この場合は産卵期と解してもよかろう。またこの実験では経済的な理由で大型の試料を用い得なかつた場合もあり，成魚を扱つていないと考えられる例もあつた。それを除くためにG/Wの年平均が3％に達しない場合には成体を扱つていると考えないことにし，それからは結論を導かないことにした。第6表には〔G/W〕100と性別（試料が雄であつた場合にのみ記号♂を附す），尾数（1尾以上の場合のみ記入），産卵期を棄却限界30で判定した時には記号○印，130で判定した時には◎印を附し，更にG/Wの年平均を〔G/W〕の欄に記入した。第7表には疋田氏及び水産庁の結果と並べて本研究で判定した産卵期を示した。但しマツカワの場合は年平均は3％を越さないが，産卵期と思われる11月の〔G/W〕100が雄であるにも拘らず他とかけ離れて大きいので一応産卵期とし第7表にカッコをつけて示した。また，イシガレイの場合にも〔G/W〕が3％に達しないが，別の実験で12月25日に漁獲した体重620gと1005gの雌が熟卵を持ち，そのG/Wがそれぞれ6.9と5.3であつたので，産卵期を1月若しくはそれ以降とし，同様第7表にカッコを附けて示した。

本研究ではこれと別に学識者，鮮魚取扱業者，漁業者，調理士等90人を対象として，函館産カレイ類の産卵期の記憶調査を行つたが一致した結果が得られなかつた。その理由として各人の記憶違いが大半を占めるようであるが，その他に同様なカレイであつても群によつて産卵期が相違するとか，極く小範囲の地域差があることなどが考えられた。一例を挙げると函館市住吉町の一漁業家の言によれば，住吉町では2～3月に獲れる大型のマガレイが熟卵を抱いて居り，これは特にこの時期が美味なのでクキオガレイと言つて，5～6月頃産卵しその頃がシユンである中型のマガレイと区別しているということである。若しこれが事実とすれば，疋田，水産庁，著者の結果が完全に一致しない理由，又著者の場合マガレイの産卵期が3～4月と7～8月の2期に分れた理由を単なる誤差と言いきれないものがある。

〝シユン〟については産卵期以上に異説がある。その一例として東京湾のイシガレイを挙げる。これは東京で最も美味なものとされ，只カレイと言えばそれはイシガレイを指している程でカレイ中のカレイとして賞味されているとのことである。然しそのシユンについては一致した記載がない。次に記述が異つているが

明かに他から引用したものでないと思われるもの6種を揭げる。

(1) 岡田・内田・松原氏[3]は "冬—春に於て美味" とし,

(2) 田中氏[9]は "2—3月に熟卵を持つていて, 此の時節には不味であつて, 4月から10月まで美味である。11月から不味となる°" とし,

(3) 中野氏[10]は "10, 12, 1, 2月がシユンである。" とし,

(4) 金田氏[11]は "カレイやヒラメは夏より冬の方がおいしいものが多いのですが, イシガレイはこれから

第6表 函館産カレイ類の産卵期の特数

月	マガレイ				ヒラメ				イシガレイ				アカガレイ			
	〔G/M〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期
1	99				91				90				106			
2	220	5		○	162				4	7			178			○
3	349			◎	303				39	2			136			○
4	40				65				134				361			◎
5	90				114		♂		156				33			
6	4				45				61				28			
7	289			◎	79				16		♂		17			
8	6		♂		74				7				40			
9	6				78				79				31			
10	9	2			24	2			198	2			87			
11	23				86				230				87			
12	66	3			78				183				97			
〔$\overline{G/W}$〕	8.36				0.58				1.16				6.89			

月	ババガレイ				ナメタ				ソウハチ				マツカワ			
	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期
1	36				352			◎	37				64			
2	13	3			17				96	2			79			
3	394			◎	101				106				61			
4	420			◎	17	2			144			○	80			
5	51				224			○	173			○	89			
6	35				169			○	329			◎	72			
7	34				69				179			○	18			
8	103				60				36				38			
9	16		♂		8				31				8		♂	
10	27	2			51	5			0	3			49	2		
11	40				79				0				592		♂	◎
12	33				52				5				41			
〔$\overline{G/W}$〕	3.16				4.82				6.67				0.61			

月	アサバ				スナガレイ				ミズクサ				サメガレイ			
	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期
1	332			◎	97				140			○	0			
2	20				120	3							20	2		
3	30		♂		5		♂		134			○	0			
4	47				13		♂		95				0			
5	63				362			◎	343			◎	391			
6	59				188			○	251		♂	◎	84		♂	
7	72				292			○	8							
8	10				15	2			10							
9	98				5	3			54							
10	46	2			34	5			12	3			73	2		
11	71		♂		53	3			43				287			
12	353			◎	15				9							
〔G/W〕	5.66				4.79				5.20				0.75			

月	アブラガレイ				カワガレイ				オヒョウ			
	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期	〔G/W〕$_{100}$	尾数	性別	産卵期
1	60		♂		344			◎	78			
2	121				18				88			
3	70				18				131			
4	87				106		♂		122			
5	77				2				152			
6	34				95				23		♂	
7	0				78							
8					16							
9	79											
10	298				165			○	106			
11												
12	174				159			○				
〔G/W〕	0.47				3.99				0.43			

（6月11日）シユンの季節です。〃とし，

(5) 多田氏[12)] は〝石ガレイは寒いころは不味だが，夏には美味だ。〃とし，

(6) 著者が昭和30年7月東京中央卸売市場の活魚取扱の専門家に尋ねた所〝シユンは2月から4月頃まで〃との答を得た。

以上の6説を要約してみると，東京湾のイシガレイの産卵期は2～3月頃であるから，その頃或はそれ以前が美味であるという説と，産卵期とは関係のない夏頃が美味であるとの2説に分けられる。このように2説に分けられる理由として，冬美味とする味覚の標準と夏美味とするそれとはかなり異つているのではなか

第7表　函館産カレイ類の産卵期

種類	疋田	水産庁	著者
マガレイ	3〜5	4〜5	2〜3, 7
ヒラメ	6〜7	6〜7	
イシガレイ	2〜3	2〜3	(1〜)
アカガレイ	2〜4	2〜4	2〜4
ババガレイ	3〜4	3〜4	3〜4
ナメタ	4〜7	2〜4	1, 5〜6
(ヤナギムシガレイ)		6〜7	
ソウハチ	4〜6	4〜7	4〜7
マツカワ	11〜1	11〜1	(11)
アサバ	12〜3	12〜2	12〜1
スナガレイ	5〜6	5〜6	5〜7
ミズクサ	5〜6	5〜6	1〜3, 5〜6
サメガレイ		4〜5	
アブラガレイ		1〜2	
カワガレイ		2〜3	10〜1
オヒヨウ	5〜6		

ろうか。これらの記述の源となつた人々の味覚神経は互にそれ程異つているとは考えられないからである。とに角以上の事実によつて，魚のシユンとはいかに規定しがたいものであるか，又調査しても一致した結論を得難いものであることを理解出来たと思う。

函館産カレイ類のシユンについては産卵期を調査した人を対象として調べたが結論を得られなかつた。その理由として被調査人の殆んど総ては産卵期とシユンとの関係を認めているが肝心の産卵期そのものが各人各様であつて従つて一致した結論が得られなかつたのである。然しこの調査の副産物として，被調査人がシユンと産卵期とに対する一般的見解の傾向を知ることが出来た。それを次に述べる。

(1) カレイ類は熟卵を抱いている時期が最も美味である。

(2) 夏期，7〜8月頃を中心とした時期が最も不味であり，秋10月頃から次第に回復する。

(3) (1) と (2) とが並存する場合，(2) が優先する。

この3項より次の法則が派生する。

(1) 冬産卵のものは産卵後も味が落ちず，夏になつて始めて不味となるが秋口より次第に回復する。産卵の前が最も美味である。

(2) 春産卵するものは，産卵すると急に味が落ちそのまゝ夏まで続き，秋口より回復する。

(3) 夏産卵するものは抱卵中もまずく，産卵後徐々に味を回復する。

(4) 秋産卵するカレイ類は函館にないが，もしあるとすれば抱卵の始めは不味であるが産卵の直前頃から急に美味になつて行くものと思われる。

以上の説は証明がある訳でなく仮説の域を脱しない。これを証明するには方法論的にも極めて面倒な問題があり，仮にそれを克服しえたとしても多くの試料と調査人員とが必要であり，甚だ困難な問題である。

カレイ類に限らず，多くの魚のシユンについては再検討の必要があるのではなかろうかと思考する。

5　魚体部分比（可食部）

次に，函館産カレイ類と北洋ガレイとの可食部分の量を知るために，魚体部分比を調べた。可食部という言葉はよく使われるが，その内容は明かでない。何故ならば，可食の定義が対象の種類により又人により異るからである。例えば，魚の皮を食用にするか否かということは，魚種によつても，又人によつても異ることは容易に想像しうる。それ故この研究では，魚体を調理の方法によつて細分し，魚体重に対する各部の比率を求めて示すことにした。この魚体部分比から，各人魚種により適宜可食部を判断すればよい。

魚肉分割の方法としては調理の一般的な形式により，次の4部に大別した上，更にこれを細分した。

1　胸びれを頭側につけて切り，これを〝頭部〟と呼んだ。こうしないと胴部の皮をはぐとき，胸びれがじやまになるからである。これから〝胸びれ〟のついている部分と〝えら〟とを除き，残つた部分を〝あたま〟と呼んだ。

2　次に胴体より〝内臓〟を取出し，〝生殖巣〟〝肝臓〟〝その他〟に分けた。胃内容物に対しては特に考慮することなく，〝その他〟に含めてある。

3　胴体を3枚に卸し，いわゆる中落ちの部分を〝骨部〟と称し，残りを〝胴部〟と称した。胴部は〝皮〟をはぎ，腹部の小骨のついている肉などを〝雑肉〟と称してこれを除き，残つたものを〝精肉〟と呼んだ。

本研究では可食部を〝胸びれ〟〝胴部〟〝生殖巣〟〝肝臓〟としたが，サメガレイの皮は食用としがたいのでこれは除いて考えた。こゝでいう精肉の量はそのまゝ刺身の量と考えてよい。

この研究に用いた試料は，昭和29年10月に函館近海で漁獲されたものであり，北洋ガレイは同年夏ブリストル湾でとれた冷凍品で，函館市内で市販されていたものである。ナメタ・スナガレイは共に5尾の平均値で，これら試料のうちナメタ5尾の中4尾だけが雄で他は総て雌であつた。ナメタの卵巣は1尾の結果である。

魚体部分比を第8表，可食部を第9表に示した，精肉は大約40～50%で可食部は60～70%である。オヒョウは精肉，可食部共に多く，ソウハチ・サメガレイはこの逆であつた。

6　最適利用法

函館産カレイ類に最も適当した調理法を，先に産卵期を調査し人を対象として調査した。調理は刺身，焼物，煮付，干物，その他の5とし，調査しようとするカレイについて最も適したものに記号をつけるという方法をとり，採点は，最適のものとして1ツの調理法のみを挙げた場合は1点，2ツ挙げた場合には両方の調理法に½点ずつ，3ツ挙げた場合には⅓点ずつを与え，集計して百分比を算出し，結果を第10表に示した。

この表から知られることは，最適利用法がカレイ類によつて著しく異るということである。刺身に適するものはヒラメとオヒョウとである。刺身にも利用するが煮付にも向くと言うのが，マツカワ，イシガレイ，カワガレイである。上記5種以外に刺身に利用出来ると考えられているものに，マガレイ，アカガレイ，ミズクサ，ソウハチ，アブラガレイ，サメガレイがあるが，これらは刺身以外にも重要な利用法があるので，刺身に対する比重は少い。

ババガレイ，アカガレイ，サメガレイは煮付にするのが最も適当な利用法と考えられている。煮付にも，焼物にも向くと考えられているものに，マガレイ，ミズクサ，アサバ，スナガレイがある。干物とした上，更に調理して用いるのが最も美味とされるものに，ナメタ，ソウハチがある。両者とも身が薄くて乾燥し易いものである。これに反して刺身に適するものは肉厚のものが多い。ソウハチは焼物にも優れていると考えられ，アブラガレイの最適利用法は蒲鉾原料としてである。

利用法によつて魚の品質評価に相違のあるのは当然であり，それを避ける為に本研究では特にカレイ類に限定して考えたのであるが，詳細に調べると同じカレイ亜目とは云えこのような相違があり，これらが品質順位の決定に困難をもたらし叉判定誤差の原因をなすものであると考えられる。

あとがき

以上6項目に亘つて函館産カレイ類15種の商品学的に必要な事項を調べた。従来の魚類に関する研究は総て生物学的なるものに限られていて，商品学的に取まとめた例はない。それ故手本として参照すべき文献は無く著者独自の手法を以てこれに当つた。従つて方法自体の誤りを始めとし，その他種々の欠点も多いものと思われるので，特に皆さまの御叱正をお願いしたい。

第8表 (1) 魚体部分比

魚種	ヒラメ		オヒヨウ	マガレイ		マツカワ		アカガレイ
	A	B		A	B	A	B	
全長 cm	35.5	34.0	62.5	33	31	34	34	43.5
体重 g	395	365	2600	620	440	605	645	913
頭部 %	17.7	16.4	13.1	9.8	11.6	12.4	11.6	13.1
あたま	10.6	9.6	7.9	5.3	6.8	7.3	6.9	9.3
えら	3.0	2.7	2.1	0.9	1.8	1.7	1.5	2.5
むなびれ	4.1	4.1	3.0	2.9	2.2	3.1	2.8	1.3
胴部	58.2	59.5	65.0	63.7	62.7	61.7	61.2	56.9
精肉	48.1	48.8	55.8	53.1	48.9	48.8	48.1	45.4
雑肉	2.0	3.0	2.6	3.2	4.1	3.1	3.6	2.7
皮	8.1	7.4	6.4	7.3	9.1	8.8	8.8	7.9
内臓	3.8	2.7	6.7	7.6	6.8	5.3	6.2	12.6
卵巣	1.3	0.6	0.5	1.1	0.4	0.3	0.3	3.1
肝臓	0.0	0.3	1.9	3.2	2.5	1.2	1.5	6.0
その他	2.5	1.6	4.2	2.7	3.4	3.6	3.9	3.5
骨部	20.8	18.6	14.8	16.9	17.7	19.8	20.2	17.2

第8表 (2) 魚体部分比

魚種	ミズクサ			ババガレイ		イシガレイ		アサバ
	A	B	C	A	B	A	B	A
全長 cm	32	29	25	34	32.5	33	31	34
体重 g	350	270	142	500	455	475	435	580
頭部 %	14.9	17.4	17.6	8.0	7.7	22.1	18.4	12.9
あたま	9.1	11.5	12.0	5.0	5.7	13.7	11.5	7.8
えら	2.3	2.2	2.1	1.0	0.4	4.2	3.5	3.4
むなびれ	3.4	3.7	2.8	2.0	1.5	5.3	3.5	1.7
胴部	60.0	58.2	52.8	59.0	59.3	50.4	54.1	54.3
精肉	48.6	48.2	40.8	46.0	45.1	41.0	40.3	41.4
雑肉	1.4	2.2	1.4	2.0	2.2	0.2	3.5	4.3
皮	10.0	7.4	10.6	11.0	12.1	9.5	10.4	8.6
内臓	5.7	4.4	4.9	9.4	7.7	7.4	11.5	15.4
卵巣	1.1	0.7	0.0	1.4	2.2	1.1	3.5	2.6
肝臓	2.0	1.9	0.7	1.0	0.7	0.2	3.5	4.3
その他	2.6	2.2	3.5	7.0	4.8	4.2	4.6	8.6
骨部	19.4	17.8	21.1	23.4	23.1	22.1	18.4	19.0

第8表 (3) 魚 体 部 分 比

魚種	アサバ	ソウハチ			カワガレイ	ナメタ	スナガレイ	アブラガレイ
	B	A	B	C				
全長 cm	33.5	25	25.5	27	40	28〜30	22〜25	56.5
体重 g	570	150	170	190	980	814 (97〜192)	915 (190〜215)	1785
頭部 %	10.5	13.3	14.7	15.8	13.3	10.3	16.1	18.5
あたま	7.0	6.7	6.6	7.9	7.7	7.4	9.5	11.8
えら	1.6	2.7	4.7	4.2	2.4	0.7	2.0	3.1
むなびれ	1.6	2.7	2.9	2.1	2.9	2.2	3.8	3.6
胴部	55.6	53.3	52.9	55.3	52.6	65.9	56.2	56.6
精肉	42.1	40.0	38.2	41.1	36.9	50.4	42.8	45.9
雑肉	3.9	10.0	4.1	2.6	2.7	4.6	3.8	2.5
皮	9.6	2.7	8.8	8.9	11.9	9.2	8.2	9.0
内臓	11.4	8.0	8.8	4.2	12.9	3.6	8.0	9.5
卵巣	2.6	0.0	0.0	0.0	6.6	0.9	1.6	1.4
肝臓	—	2.0	2.9	2.1	4.3	2.5	2.7	3.1
その他	8.8	—	—	—	0.9	2.1	3.5	4.8
骨部	20.2	23.3	20.6	21.1	20.5	23.8	20.0	13.7

第8表 (4) 魚 体 部 分 比

魚種	サメガレイ		コガネガレイ		キガレイ		シロガレイ	
	A	B	A	B	A	B		
全長 cm	38	35.5	35	38	40	36	47	
体重 g	955	654	490	520	815	555	985	
頭部 %	16.4	15.1	17.4	15.4	20.3	18.9	20.8	
あたま	10.5	8.9	10.2	8.7	12.9	12.6	12.2	
えら	2.0	2.3	3.1	2.9	2.5	2.7	3.6	
むなびれ	3.4	3.5	3.1	2.9	3.5	2.7	3.6	
胴部	47.9	48.2	44.9	47.1	47.9	49.6	43.2	
精肉	30.1	32.1	27.6	31.7	34.4	36.0	17.8	
雑肉	3.9	4.3	4.1	3.9	6.1	5.4	4.6	
皮	12.7	11.6	10.2	9.6	5.5	7.2	9.6	
内臓	12.2	8.9	11.2	18.3	14.7	9.0	16.8	
卵巣	—	0.2	3.1	1.9	4.3	—	5.1	
肝臓	3.6	3.0	1.0	1.0	1.8	1.8	0.1	
その他	8.4	5.5	6.1	13.5	8.6	7.2	10.7	
骨部	21.2	22.9	22.5	17.3	16.0	20.7	17.8	

第9表 函館産カレイ類の可食部

	ヒラメ	オヒヨウ	マガレイ	マツカワ	アカガレイ	ミズクサ	ババガレイ	イシガレイ	アサバ	ソウハチ	カワガレイ	ナメタ	スナカレイ	アブラカレイ	サメガレイ
可食部 %	64.1	70.4	69.4	66.1	67.3	62.8	63.6	60.8	61.4	58.7	66.4	71.5	64.3	64.7	42.1
精肉 %	48.5	55.8	51.0	48.5	45.4	45.9	45.6	40.7	41.8	39.8	36.9	50.4	42.8	45.9	31.1

第10表 函館産カレイ類の最適利用法

	調査人員	刺身	焼物	煮付	干物	その他
	人	%	%	%	%	%
ヒラメ	73	94.52	0.68	2.74	2.05	0.00
オヒヨウ	67	85.32	1.99	3.73	2.99	5.97
マガレイ	74	9.35	32.32	58.00	0.33	0.00
マツカワ	58	59.48	10.34	30.17	0.00	0.00
アカガレイ	61	12.15	23.14	53.47	10.85	0.33
ミズクサ	67	12.56	44.65	32.71	8.58	0.01
ババガレイ	71	4.46	7.04	86.62	1.88	0.00
イシガレイ	72	36.34	13.89	47.92	1.16	0.69
アサバ	56	1.79	31.25	59.82	7.14	0.00
ソウハチ	70	8.62	45.52	13.38	31.48	1.00
カワガレイ	58	42.82	16.09	39.37	1.72	0.00
ナメタ	66	3.03	24.24	25.00	46.97	0.76
スナガレイ	60	0.00	42.22	53.06	4.72	0.00
アブラガレイ	42	12.70	0.00	2.38	24.60	60.32
サメガレイ	60	16.11	12.78	44.44	12.50	14.17

この研究に協力賜つた函館水産物株式会社の社員並びに渡辺照久，佐藤公，平野亮輔，小川晟子の各氏に厚く御礼申上げる。又，この研究は恩師村田喜一先生の深い理解と激励とを得て始めて出来たものであり，心から感謝申上げる次第である。

文　　献

1) 疋田豊次 (1934). 水産研究彙報 4, 187.
2) 松原喜代松 (1955). 魚類の形態と検索. 1605p. 東京; 石崎書店.
3) 木下虎一郎 (1934). 動雑 46, 574.
4) 木下虎一郎 (1951). 北水試月報 8. No. 7, 41. 私信. 1954年7月23日
5) 田中茂穂・阿部宗明 (1955). 図説有用魚類千種. 294p. 東京; 森北出版.
6) 上野達治 (1955). 未発表.
7) 水産庁調査研究部資料課 (1949). 水産庁調査資料. 第8号.
8) 岡田弥一郎・内田恵太郎・松原喜代松 (1935). 日本産魚類図説. 425p. 東京; 三省堂.
9) 田中茂穂 (1943). 魚類の味と営養. 342p. 東京; 時代社.
10) 中野七子 (1956). 食用魚の常識. 118p. 東京; 第一出版.
11) 金田尚志 (1957). 読売新聞. 6月11日号
12) 多田鉄之助 (1957). たべもの. 256p. 東京; ダヴイット社.

函館産カレイ類の品質
第2報 函館産カレイ類の品質
—その順位の決定—

大　石　圭　一
（北海道大学水産学部食品化学教室）

Quality of Flatfish from Hakodate
2. Evaluation of the quality

Keiichi ŌISHI

Abstract

The quality of flatfish is studied by determining three factors.
(1) Calculation of the ratio of market price,
(2) Sensory test on taste,
(3) Inquiry of memory on taste,

The results are shown in Table 23. Then the three orders of quality on the basis of these results are tested statistically by randomized blocks. The conclusion is reached that there is no difference in $P_{0.01}$ between the three methods for determing the order of quality.

ま　え　が　き

先に[1]商品として必要な函館産15種のカレイ類の知識を得たので，本報では（1）価格比率の算出，（2）試食実験，（3）記憶調査の3方法により品質の順位を決定し，品質を決定する要因の検討に役立たせようとした。本論に入る前に先ずこゝで云う品質の意味を明にしておく。

内田氏[2]は〝魚の品質ということばには二とおりの意味がある。本質的の品質は，魚の可食部分の味・栄養価を基準として決めるべきものであるが，世間一般，ことに魚屋の取り扱い上の品質は，価格上の格づけともいうべきもので，これは必ずしも本質的の品質とは一致しない……。品質の格づけに大きな関係を持つのは，味，利用価値，外観，習慣，栄養価，……さらに鮮度というものが微妙にはたらく。〟とある。著者もこの定義に対して同感である。但し，函館産カレイを取上げる場合には，魚の品質判定に鋭敏である函館市民の感覚を基盤としており，カレイ類と限定してあるので，利用価値，外観，習慣，栄養価は他の魚類と較べた場合より互に遙に類似して居り，更に鮮度良好なるもののみを考慮するとすると品質の内容の大部分は味によつて占められることになる。この研究で云う品質とは〝味〟という意義と殆んど同じものと考えてよろしいのであるが特に品質という言葉を使つたのは〝味〟を狭義に解されるのを懼れたからである。〝時雨せよ網代の氷魚を取り召さん〟と言つた心境の幾分かを品質なる語に托したのである。

1　価格比率による判定

魚類の価格はその品質を代表するのであるがそれには，〝いろいろの習俗や魚屋の価格つり上げ策などが含まれていて〟[2]本質的ではないと一般に考えられて居り，品質を考える場合価格を参照することは甚だ危険であるように思われがちである。その懸念は一応尤もである。が然し，カレイは日常の大衆魚であり，長いこと大衆の厳正な批判を経て成立した魚価というものを変動が多いという理由だけで棄去るには忍びな

い。本研究に於ては価格に対する懸念を逐一検討し，扱い方のいかんによつては品質判定の基準となしうると判断したので，先ず第一に価格から始める。

研究の順序として，先ず魚価の成因を考え（1・1），魚価変動の形態を調べ（1・2），これら変動の原因を探り（1・3），ある種の危険はあるが月平均価格比率（1・4）を考えることによつて品質の根幹をなすものを数量化せしめうるものとして，結論（1・5）を導いた。次に順を追つてこれらを説明するが，こゝに用いた資料は第1報と同様昭和26年から28年までの函館水産物株式会社の取扱台帳によつたものである。

1・1 魚価の成因

魚価はその魚の本質的な利用価値にその土地の習俗的要素が加わり，これに漁獲に要する諸経費，漁獲高，気象条件等が影響して出来るものである。これは次のように示されよう。

魚価＝（本質的価値＋習俗的嗜好）×漁獲努力×漁獲量×気象条件・その他

この本質的価値のみを純粋に何らかの方法で価値から導き出そうとするのがこの研究の試みである。

1・2 魚価変動の形態

変動の形態として時間的のものが特に重要であり，これを考えた。即ち日変動（1・2・1），月変動（1・2・2）及び年変動（1・2・3）についてである。定性的には函館産カレイ類の価格の弾力性が強く変化し難いことは，第1報にも述べたように函館という漁獲物が多く，貯蔵・加工の設備の整つている環境から容易に察せられることである。次に変動の程度とこれを除く方法とを考えてみた。

1・2・1 日　変　動

1日の中の時間の推移と共に刻々変化する変動である。これは主として小売商人の価格操作によつて決るものであり，研究しても変動を支配する法則を見出すのは困難である。この変動は卸売価格を採用することによつて完全に除去出来る。

1・2・2 月　変　動

これは1月のうちでも日によつて変動することである。変動の原因は複雑であろうが，若しこの原因が函館産カレイ類の各種に共通したものであると仮定することが出来れば，ある種類を基準としこれに対する他の種類との価格比率を求めそれによつて種類間の品質の程度を相対的に表現すると，月間の変動を除いて考えることが出来るわけである。

実際，月間の変動の程度を知るために昭和26年から28年までの36ヶ月間のマガレイ価格の月変動係数を求めて第1表に示した。これによると変動は6.7〜27.0％であつた。

第1表 マガレイ価格の月変動係数

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
昭 26	6.7	15.7	20.7	12.9	20.8	26.8	20.6	13.4	19.1	12.0	8.1	10.1
27	9.0	19.4	10.2	27.0	21.0	21.9	16.6	17.9	13.0	17.2	16.4	11.4
28	16.9	11.6	16.8	17.0	14.0	24.8	24.2	16.4	16.3	17.2	14.0	12.6

1・2・3 年　変　動

価格は1年間でも変動する。第2表にマガレイの入荷回数，月平均価格，月入荷高を掲げた。これを見ると3月と9月とに価格の山があり，5月と12月とに谷がある。この傾向は3年間全く同じである。この原因として，〝シュン〟とかマガレイの月別漁獲高の多寡が考えられるが，マガレイの〝シュン〟は11〜3月で寧ろこの月の価格は安い位である。月別漁獲高との関係は，第2表より

漁獲高が年平均より多く，価格が年平均より低い場合…………8回
〃　〃　〃　高い　〃…………8

漁獲高が年平均より少く，価格が年平均より低い場合…………9回
〃　〃　〃　高い　〃…………11

第2表　マガレイの月別入荷回数，平均価格(円)及び漁獲高(貫)

月	昭 26			昭 27			昭 28		
	入荷回数	月平均価格	漁獲高	入荷回数	月平均価格	漁獲高	入荷回数	月平均価格	漁獲高
1	6	235.8	395	23	321.3	3730	23	326.0	2680
2	4	246.2	310	17	319.1	2350	21	351.2	2150
3	7	267.8	800	22	308.4	3320	29	385.3	5800
4	2	137.5	250	10	245.0	2450	25	232.6	3150
5	25	184.8	5390	30	235.8	8670	28	242.2	5950
6	18	195.8	2190	28	188.3	8600	28	247.2	6300
7	27	286.6	3070	30	250.6	6750	29	319.1	4720
8	29	363.9	2920	28	328.0	4230	30	432.9	3950
9	29	384.8	3380	28	395.5	3970	27	460.5	4700
10	26	284.0	3910	29	328.4	4550	29	358.9	6200
11	15	264.6	2260	27	272.2	5000	29	357.0	6300
12	24	283.9	4440	31	289.1	4060	31	298.5	5750
平均		261.3	2443		290.1	4807		334.2	4804

であることが知られ，これでは推計学的に計算するまでもなく月平均価格と月別漁獲高との間には関係が無く，これによつても年間の変動を説明するとは出来ない。全カレイ類の入荷量と全水産物の入荷量との関係も調べたが相関は無かつた。

種類間の品質の相異を考える為価格比率を採用するとき年変動がマガレイと同じであれば，この年変動を支配する要因は何であつても結果に変りなく，これを深く探究する必要がない。マガレイ以外の函館産カレイ類の年変動を調べた結果，ヒラメ以外はマガレイとほぼその傾向を同じくすることが判つた。

マガレイの3年間の平均価格は295.2円であり，変動の程度は変動係数で25.74%であつた。

価格には以上の3変動があるが，卸売価格の比率を求めることによつて価格の変動を避けてほぼ一定した値が得られることが判る。

1·3　価格変動の原因

価格の変動原因として考えられるものに，漁獲高（1·3·1），気象条件（1·3·2），漁獲努力（1·3·3），単一魚相内に存在する原因（1·3·4），魚種相互間に存在する原因（1·3·5），等が考えられる。これらについて吟味してみる。

1·3·1　漁獲高による価格の変動

昭和26年から28年にかけて3年間に函館水産物株式会社で取扱つた鮮魚介類の数量は年間320万貫から370万貫の範囲である。この量は函館市民が1日50匁ずつ利用している割合であつて，この他上記の会社を経由しないスルメイカの量が莫大であり，函館市民の消費量に不足はない。また，漁獲高が季節的に変動したとしても貯蔵・加工の機関によつて調節され価格は安定しているだろうと推定される。特にカレイ類は種類が多いから，ある種類の漁獲高が少かつたとしても他の種類で代替されるという点があり，特に価格が安定していると考えられる。

これらを確認するためにマガレイを選び，昭和26年1月より昭和28年12月までの35ヶ月間の価格と入荷量

とをそれぞれ50円，50貫に階層別し，各月毎に相関係数を求め，有意性を検討した。その結果を第3表に記した。この表から知られることは，概して逆の相関があると云えるが，相関の有無の不明のものが半数あり，逆相関があつても明かであるとは云えない。漁獲高と価格との関係を強調し実行するのは小売の場合の価格のつり上げ策によるものであつて，一般消費者でそう信じているものはつり上げ策に惑わされているのである。

第3表　マガレイ価格と入荷量との相関関係

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
昭 26	−	−	−		++	+	+	−	+	+	−	−
27	−	−	−	−	+	++	−	+	+	+	−	+
28	+	−	−	−	++	++	−	++	++	+	+	+

++　明かに相関がある。
+　相関がある。
−　相関があるといえない。

1・3・2　気象条件による価格の変動

気象条件と魚価とに関係があるだろうとは何人も想像する所である。気象条件としては，風，雨，気温などがあるが，特に風の影響が強いと考えられるので風を取上げた。この場合風向が問題となり，風速も漁法によつてその影響の程度が異るのであるが，一応海洋気象台で強風注意報を発する標準となつている10分間平均風速が10m/sec以上のものと価格との関係を調べることにした。

気象条件は函館海洋気象台の記録を参照し，強風のあつた時に値段が騰つているか，価格の騰つている時に強風があつたかという関係を調査した。或る日の価格が騰つているとは，騰つたという日の前3日間のうちの最低の価格より30%上昇していることを意味するものとし，又或る日の入荷量が減つたとは，その日の前3日間の最大入荷量の半分となつたことを意味するものとする。この3日間及び半減という程度は市場の台帳の数字を処理した時，変動の程度を斟酌し区切りのいい所に決めたので深い意味があるのではないが，30%には意味があり，後述する。

強風と価格上昇との関係は，先ず強風のあつた日を調べ，この日及びそれ以後3日間の入荷の有無を調べ入荷している場合はその4日間の価格の最高と最低との間に30%以上の差があれば価格が上昇したと見なし，又差が30%以内の場合には価格が上昇していないと見なして，これらの日数を数えた。強風が連続している場合は1回と見なした。この結果を第4表に示すが，これで判る通り強風があつても寧ろ価格が上昇しない場合が多く，強風があれば価格が騰るということは言えない。

第4表　強風とマガレイの価格上昇との関係

	昭 26		昭 27		昭 28	
上　昇	13回	33.3%	17回	29.8%	25回	36.7%
上昇しない	26	66.6	40	70.2	43	63.3
入荷なし	72		29		22	
計	111		86		90	

これとは逆に価格が上昇している時に強風があるかを調べた。先ず価格が上昇している日を調べ，その前3日間に強風及び入荷減があつたかを調べ，その結果を第5表に記した。この結果では価格が上昇した日に強風のみあつたのは10%に過ぎず，強風と入荷減のあつた日は35%前後で両者を合せても強風のあつた日は50%に達しない。この結果からは価格が上昇している時に強風があるとは言え切れない。

第5表 マガレイの価格上昇と強風との関係

	昭 26		昭 27		昭 28	
	日 数	%	日 数	%	日 数	%
強 風	6	13.9	4	11.4	2	8.3
強風及び入荷減	15	34.8	11	31.4	10	41.6
入 荷 減	13	30.2	11	31.4	9	37.5
共になし	9	20.9	9	25.7	3	12.5
計	43		35		24	

両方の結果を併せて考えると価格上昇と強風との関係は少いと言える。但しこれは卸売価格の場合であつて，小売の場合には強風が価格釣上げの手段となつているのは想像しうる。

1·3·3 漁獲努力量の相異による変動

カレイ類の漁法は第1報[1]に述べた通り地域によつて異つていて，漁獲努力にも差があり，これが価格変動の一因をなしているのではないかとも推察出来る。然しながら実際市場に於て地域差があつたとしてもそれは品質に関してであり，漁獲努力に対しては全く考慮されていない。観念的には問題になるかも知れないが，実際上は殆んど問題とならない。

1·3·4 単一魚相に内在する変動

この項で考えられるのは，魚の鮮度，取扱の善悪等その魚の持つ本質的な性質ではなく，取扱の如何によつて生ずる二次的な品質であつて，これは標準状態の価格から下限は無価値となるまで大きく変動する。これを除く為に価格比率を算出する場合ある操作を加えた。それについては後述する。魚体の大小による価格の変動もこの中に含まれる。

1·3·5 魚種相互間に存在する変動

この場合の魚種はカレイ類に限定されて居り，習俗的な意味を等しくしているのでこの変動は全く魚種間の品質の相違によつて生ずるもので，最も本質的なものである。品質による価格変動を純粋な形で取出すのが本研究の終極の目的であり，その大小によつて品質の順位を表現することが出来る。これを求めるために月平均価格比率を求めることにした。

1·4 月平均価格比率

こゝでは先ず月平均価格比率を算出して価格順位を決め（1·4·1），この順位の持つている意味の検討を行い（1·4·2），更に統制経済時代の公定価格と比較してみた（1·4·3）。

1·4·1 月平均価格比率の算出

比率の標準としてマガレイを採用した。その理由は入荷回数及び数量とも1年を通じて最も多く，その他体形，味などの点から云つても函館産カレイ類の標準と考えられたからである。マガレイが入荷していない時は，この前後の価格から外挿して求めるという便法を講じた。

この研究では品質と価格との関係に対して次のような基礎的な考えで当つた。

〝同じ系統の品質であれば最高価格は最低価格の2倍にまでなりうる。〟

標準状態にある同一種類の魚の場合明に指摘されるような品質の相違がない限り変化は倍，或いは半額程度である。若しこの範囲外に出る時は低い方に品質の劣る著しい原因があつて正常の状態でないものと考えることが出来る。今最高価格を400円，最低を200円とすると平均は300円であり，平均に1.3と0.7とを乗ずれば，ほぼ最低及び最高価格に近似した値が得られ，逆に最高に0.8，最低に1.5を乗ずるとどちらからも平均価格が得られることになる。

本研究の調査資料となつた函館水産物株式会社の取扱台帳には最高価格と最低価格としか載せていなかつたし，又魚種の項目の中には〝小ナメタ〟〝次品アサバ〟とか〝二級スナガレイ〟という様に品質の二次的

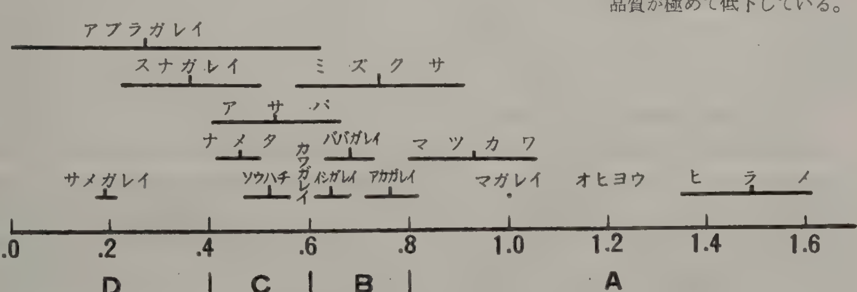
に低下している事を明記している場合もあつたが，記入のない場合もあつた。明記してある場合には除いたが，明記していない場合には最高最低価格の差が倍以上あるかどうかを調べ，差がある時には明に劣つた品質のものも含められていると考え，これを排除して最も本質的なものを求める為に最高価格に0.8を乗じて良質の標準状態のもの〻平均を算出することにした。最高最低の価格差か倍以下の時は単純に平均を求めた。この数値を用いてマガレイとの比率を求め，月毎に平均した。但しこの場合，個々の比率が月平均比率の倍又は半分以下になつているものは平均の算出から除くことにしたが，この様な例は非常に少く15種，36ヶ月間のうち僅か4例に過ぎなかつた。又変動係数を求め，25以上のものは変動が大き過ぎるから除き，試料数nが6或いはそれ以下の場合も除いた。この様に処理することによつて，その月の安定した価格を示しうるものと考えたからである。

第6表　カレイ類の月平均価格比率

	資料の数	平　均	標準偏差	変動係数	母集団(0.05)
ヒ　ラ　メ	35	1.49	0.363	24.4	1.35～1.62
オ ヒ ヨ ウ					
マ ガ レ イ	36	1.00			
マ ツ カ ワ	17	0.93	.247	26.5	0.80～1.06
ア カ ガ レ イ	28	.76	.143	18.8	.71～.82
ミ ズ ク サ	5	.74	.138	18.7	.57～.91
バ バ ガ レ イ	30	.68	.135	19.7	.63～.73
イ シ ガ レ イ	31	.64	.096	14.9	.61～.68
カ ワ ガ レ イ					
ア　サ　バ	11	.53	.198	37.2	.40～.66
ソ ウ ハ チ	23	.52	.101	19.5	.47～.56
ナ　メ　タ	19	.46	.096	21.0	.41～.50
ス ナ ガ レ イ	5	.36	.115	32.0	.22～.50
アブラガレイ	3	.27	.138	50.5	～.62
サ メ ガ レ イ	6	.19	.020	10.4	.17～.21

このようにして得られた3年間の月平均価格比率のn，平均$\bar{x}$，標準偏差S，変動係数$S/\bar{x} \times 100$，5％水準の母集団$m_{0.05}$を$\bar{x}$の順に配列したものが第6表である。オヒヨウとカワガレイは入荷回数が少く，月平均比率を求めることは出来なかつたが，個々の価格から順位を推定して並べた。

第6表を判り易くする為に第1図として示した。図に示されたように比率0.8，0.6，0.4，でA，B，C，Dの4クラスに大別される。Aに属するものは肉厚で刺身にし易いが，Bに属するものは身が薄い。Cクラスでは味がかなり落ち，Dクラスは品質が極めて低下している。



第1図　価 格 比 率

1・4・2　価格順位の検討

第6表では価格比率の平均$\bar{x}$の大小によつて順位を決めたのであるが，比率自体にかなり変動があり，比率の数も少いから$\bar{x}$の大小で簡単に順位を決定するのはよくない。

[illegible]

明かに差のあるもの――――――◎

[illegible]――――――○

[illegible]――――――×

[illegible]

[illegible]表 [illegible] 検定結果

ヒ ラ メ												
マガレイ												
マツカワ												
ア[illegible]ガレイ												
ミズ[illegible]			×	×								
ババガレイ				○	×							
イシガレイ					×							
ア[illegible]バ			◎	◎	×	◎						
ソウハチ				◎	◎	◎	◎					
ナ メ タ					◎	◎	◎		×			
スナガレイ				◎	◎	◎	◎	×	◎	×		
アブラガレイ				◎	◎	◎	◎	×	◎	◎		
[illegible]												

記号	意味
	同一母集団から抽出されたと考えられない。
◎	明かに差がある。
○	差がある。
×	差があると云えない。

1・4・3 鮮魚介統制販売価格との比較

月平均価格比率[illegible]の別の手段として，物資統制時代のカレイ類の統制販売価格[illegible]考えれば公定価格の比率とこゝに算出した月平均価格比率とはよく一致していると言える。

1・5 結 論

[illegible]

第1級 ヒラメ，オヒョウ，マガレイ，マツカワ

第2級　アカガレイ，ミズクサ，ババガレイ，イシガレイ

第3級　カワガレイ，アサバ，ソウハチ，ナメタ

第4級　スナガレイ，アブラガレイ，サメガレイ

第8表　鮮魚介統制販売価格（昭和23.7.23）と函館産カレイ類の価格比率

等級	魚種	産地卸売価格	比率A	比率B	函館比率A	函館比率B
1	ヒラメ	205 円/貫	227	100	149	100
2		170				
3	オヒョウ	143	159	70	120	81
4		115				
5	マツカワ，イシガレイ，ヤナギムシ ムシガレイ，マガレイ，クロガシラ ナメタ，アサバ，アカガレイ，ソウハチ	90	100	44	100～46	67～31
6		64				
7	その他カレイ	46	51	22		
8	アブラガレイ，サメガレイ	33	37	16	27～19	18～13

2　試食試験による判定

函館産カレイ類の品質判定の第2段階として試食実験を行つた。

2·1　試験方法

2·1·1　調　理

魚肉調理の最も基本的なものとして，刺身，素焼，醤油による煮付の3種を選んで試食した。刺身は臣村鮮魚店主が，素焼と煮付は調理士山口氏の指導により，北大学生食堂で著者が自身で行つた。刺身と素焼とは煮付に用いたものと同じ醤油で味を整えた。

2·1·2　判　定　者

北大水産学部の教官，事務員，女子職員，男子学生，栄養専門学校の調理担当の教官等，約30名

2·1·3　試食方法

毎回試食に用いた魚種のうち中間の品質と推定されたものを基準として明示し，基準と他の魚種試料とを比較して採点することにした。この際基準と同じものを魚種試料中におき，判定者が標準とどの程度に一致した採点を与えたかを調べ，判定結果の精度吟味の一助たらしめた。試験中は標準と同じものが試料中にあるということも，又各試料の名前も全く判別出来ないようにした。試食に際して試料を嚥下するか否かは各人の自由にまかせたが，試験者全部は飲込んだようであつた。

2·1·4　採点方法

第1回の実験に限り基準を2，それより優るものを3，少し劣るものを1，甚だしく劣るものを0としたが，第2回目以後は基準を3とし，優劣の程度に従つてその前後に1，2及び4，5と採点することにした。

第1回目の試験に於ては味覚神経による味以外に"匂い""色""硬さ"の3項目についても採点したが，この項目では差を認め得ないとの判定者の一致した意見により，その後は"味"の項目だけを採点することにした。

2·2　試料及び試験期日

用いた魚種及び試験期日は第9表の通りである。試験を行つた11～1月という時期はカレイ類の漁獲量に於ても，味の点からも，鮮度保持の上からも最も好ましい時である。試料の魚は特に断つたものの他は総て函館近海産のもので，鮮度極めて良好であつた。試料には魚の精肉を全部用いた。又，雌雄，大小の区別を

しなかつた。これは全く経済的な理由からである。参考として試験に使用した魚の貫当価格を示したが，後で述べる通り試食による順位と値段の高さとはよく一致していた。

第9表 試食実験の試料，期日及び価格（円/100匁）

I 昭31.11.10	円	II 昭31.11.19	円	III 昭31.12.3	円	IV 昭31.12.14	円	V 昭32.1.18	円	VI 昭32.1.30	円
ヒラメ	60	イシガレイ	35	ババガレイ	50	イシガレイ	60	ババガレイ	50	ヒラメ	120
マツカワ	52	アカガレイ	30	カワガレイ	40	ババガレイ	45	アカガレイ	45		
ミズクサ	50	ナメタ	17	ソウハチ	35	アカガレイ	40	ソウハチ	40		
マガレイ	48			サメガレイ	25	アサバ	35	*1 サメガレイ	11		
イシガレイ	30					ソウハチ	25	*2 アブラガレイ	—		
								*3 北洋ガレイ	—		

※1 北海道沖合で漁獲 冷凍品
2 〃 〃 〃
3 ブリストル湾〃 〃

2·3 採 点 結 果

2·3·1 判定人の精度の吟味

判定人の精度吟味の第1として，一般試料中に含まれている標準と同じものに採点された値（X_i）と標準の定められた値（X）との差を判定人全員n人について集計し，平均した値 $\frac{\sum(X_i-X)}{n}$ を考えた。この値が大きい程標準を認識し得なかつたことになり，この値を調べることによつて判定人の精度をある程度吟味しうるであろう。第10表に各試験毎の $\frac{\sum(X_i-X)}{n}$ の値を示す。これでは最高0.60から最低0.00までの隔りがあり概して負の値が多く，標準として指定されたものに甘い態度で臨む傾向が認められた。この吟味では，この程度の間違いを伴うが標準を識別し得たと言える。

第10表 試食実験の標準の検定（I）

	Iマガレイ	IIイシガレイ	IIIカワガレイ	IVアサバ	V北洋ガレイ
刺身	-0.46	-0.03	-0.32	0.05	-0.39
素焼	-0.60	-0.11	0.54	0.29	-0.36
煮付	-0.03	0.03	0.05	0.29	0.00

第2に考えたのは，標準と同じものに与えられた点と，標準の約束した点との間に推計学的に差があるかどうかの吟味である。但し，標準の約束された点を平均点と見なし，又両者の分散が等しいものと仮定して平均値の差の検定を行つた。その結果を第11表に示した。表中に1としたのは危険率1％で差があると云えないものであり，5，20はそれぞれ，5，20％の危険率で差があると云えないことを示してある。危険率が大きくなる程標準が明かに識別されていることを示すのであるが，第11表の程度ならば判定者一同の傾向としてカレイ類の味をよく識別していたと考えてもよい。この結果は第9表の $\frac{\sum(X_i-X)}{n}$ と同じ傾向を示している。

第3に行つたのは魚種間，判定人の間に有意の差があるかを調べるための分散分析である。各実験，各調

第11表　試食実験の標準の検定（II）

	Iマガレイ	IIイシガレイ	IIIタカノハ	IVアサバ	V北洋ガレイ
刺身	5	20	5	20	5
素焼	1	20	1	20	5
煮付	20	20	20	5	20

理毎に分析結果をまとめて第12表に示した。◎印は1％水準で差があるものであり，○印は5％水準で差がある。実験精度を向上させる為には，魚種間に差があり，判定人の間に差がない事が望ましいが，結果はそのように理想的であつたとは云えなかつた。

以上，1，2，3の吟味を通じて云えることは理想的な精度ではないが，今回の判定人はカレイ類の味を識別し得たと云える。

第12表　試食実験の標準の検定（III）

	第I実験			II			III			IV			V			VI
	刺	焼	煮	刺	焼	煮	刺	焼	煮	刺	焼	煮	刺	焼	煮	刺
魚種	◎	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
判定人	○		◎				○						◎	◎		

◎　1％の危険率で差がある。
○　5％の危険率で差がある。

2・3・2　部位による差の吟味

性別，個体別，部位別で味に差があるだろうと云うことは想像に難くないことであるが，今回の実験では経済的或はその他の理由で，これらの誤差となる原因を充分に取除いて行うことが出来なかつた。実際の試験では，同一種，別個体の試料をよく混ぜて行つたので誤差は互に打消され，誤差の程度は非常に少いだろうと察せられるが，一応部位による差の吟味を特に計画して行つた。

試料としては個体差を避ける為に大型の雌のヒラメ1尾を用い，表側背肉，裏側背肉，表側腹肉，裏側腹

第13表　部位による差の検定（I）

	裏側腹肉	表側腹肉	尾肉	縁側
裏側背肉	○	○		××
裏側腹肉		◎	×	××
表側腹肉			○	×
尾肉				○

◎　危険率　20％で不明
○　〃　5％　〃
××　明かに同一母集団に属さない
×　同一母集団に属さない

肉（以後これを表背，裏背，表腹，裏腹と略記する），尾肉及び縁側の6部に分けた。前5者の区別は，それらを背側，腹側，尾側からほぼ同量になるように採肉して分けた。試験の標準は表側背肉としたが，試料僅少のため基準と同じものを2組用意しなかつた。調理は刺身だけとした。

各部位の採点は互に分散比を求めてF検定を行つた後，更に平均値の差の検定を行つた。この結果を第13表に示した。表中××印はF検定の結果明に同一母集団に属さないもの，×印は同一母集団に属さぬと判定されたもの，◎印は平均値の差の検定で危険率20%で差があると云えないもの，○印は同じく5%水準のものである。又，標準の表背の点を3とし，分散は夫々比較するものと等しいと仮定して標準以外のものと平均値の差の検定を行つた。その結果と各部分の採点の平均値とを第4表に示す。

第14表　部位の差による検定（II）

	採点の平均値	表側背肉との差の検定
裏側背肉	3.15	危険率20%で不明
表側背肉	3.0	——
裏側腹肉	2.87	〃　〃
表側腹肉	2.81	〃　〃
尾肉	2.52	〃　5%で差がある
縁側	2.23	〃　1%で差がある

判定人の精度吟味の場合の分散分析の結果では各部位間に著しい差があるとは示されなかつたが，仔細に調べると第13，14表のように差がある。即ち危険率20%では，次のような関係が成立つ。

裏背・表背
表背・裏腹・表腹
尾肉
縁側

この場合，裏背は表背と差が無いが，裏腹，表腹とは差があり，表背は裏背並びに裏腹，表腹と差が無いという関係を表背を2段階に記すことによつて示した。裏腹，表腹間では差は無いが両者は尾肉，縁側と明かな差がある。5%の危険率では次のように示される。

裏背・表背・裏腹・表腹
表腹・尾肉
尾肉・縁側

部位によつて，このような差があるわけである。裏と表とを較べると裏が微かに良く，部位では背肉，腹肉，尾肉，縁側の順になつた。

個体変化についても吟味したが，その方法が根本的に異るので本実験の後に記す。

2·3·3 本　実　験

本実験の結果を互に平均値の差の検定を行つて，それらの検定結果を各実験毎に第15表にまとめた。表の見方は2·3·2の部位による差の吟味に示したと同じで，差が認められないものを同列，差が認められたものを行を変えて下に示した。アンダーラインを施したものは5%水準であり，施していないものは20%水準である。各試験毎の結果をまとめて第16表に示した。第16表は第15表から自然に導れたものであるが，中には推定によつて順位をつけなければならないものもあつた。例えば素焼及び煮付のナメタの順位決定は試食実験をした数人の記憶を基にして無理に位置ずけたものである。

第16表は調理別の順位であるがこれを綜合して格付けを試みるために，刺身，素焼，煮付に夫々5，3，2のウェイトを置くことにした。このウェイトは魚屋と調理士の意見を参照して決定したものである。各調理法の順位は10段階を理想として配点し，夫々5，3，2点間隔とした。従つて最高は100点，最低は10点，になりうるわけで，第16表に附した数字はその配点である。各魚種の各調理に与えられた点の合計の大小によ

第15表　試　食　順　位

	刺　身	素　焼	煮　付
I	ヒラメ・マガレイ マガレイ マガレイ・ミズクサ・マツカワ ミズクサ・マツカワ・イシガレイ	ミズクサ・マツカワ マツカワ・マガレイ・ヒラメ ヒラメ・イシガレイ	マツカワ・ミズクサ・マガレイ・ヒラメ イシガレイ
II	イシガレイ・ナメタ・アカガレイ ナメタ・アカガレイ	イシガレイ・アカガレイ ナ　メ　タ	イシガレイ・アカガレイ ナ　メ　タ
III	ババガレイ カワガレイ ソウハチ・サメガレイ	カワガレイ・ババガレイ・サメガレイ サメガレイ ソ ウ ハ チ	ババガレイ カワガレイ・ソウハチ・サメガレイ ソウハチ・サメガレイ
IV	イシガレイ・アサバ・ババガレイ ババガレイ アカガレイ・ソウハチ	イシガレイ・アサバ・アカガレイ・ババガレイ アサバ・アカガレイ ババガレイ・ソウハチ	アサバ・イシガレイ・アカガレイ・ババガレイ イシガレイ・アカガレイ・ババガレイ ソ ウ ハ チ
V	ババガレイ アカガレイ・ソウハチ アブラガレイ・北洋ガレイ・サメガレイ 北洋ガレイ・サメガレイ	ババガレイ・アカガレイ・ソウハチ・サメガレイ アカガレイ・ソウハチ・サメガレイ サメガレイ・北洋ガレイ アブラガレイ	ババガレイ・アカガレイ・ソウハチ ソウハチ・北洋ガレイ サメガレイ アブラガレ

アンダーラインは5％の危険率，施してないものは20％の危険率

第16表　試　食　の　綜　合　順　位

刺　身		素　焼		煮　付	
ヒ　ラ　メ	50	ミズクサ・マツカワ	29	マツカワ・ミズクサ・マガレイ・ヒラメ	19
マ ガ レ イ	45	マ ガ レ イ	24	アサバ・イシガレイ・アカガレイ・ババガレイ	14
ミズクサ・マツカワ	40	ヒラメ・イシガレイ・アカガレイ・アサバ・ババガレイ・カワガレイ	18	カ ワ ガ レ イ	10
イシガレイ・アサバ	35	ナ　メ　タ	12	ナ　メ　タ	8
ババガレイ	30	ソウハチ・サメガレイ	9	ソウハチ・北洋ガレイ・サメガレイ	5
ナメタ・アカガレイ	25	北洋ガレイ	6	アブラガレイ	2
カワガレイ	20	アブラガレイ	3		
ソ ウ ハ チ	15				
アブラガレイ・北洋ガレイ・サメガレイ	7				

つて順位を決めようとするのであるが，ウエイトは推定の域を脱せず，10段階は等間隔と限らないので，その合計の意義の完全でないのは勿論である。一応得られた数値の85～90を第1級，55～70を第2級，29～50

を第3級，15〜20を第4級とし，次に示す通りである。

第1級　ヒラメ (87)，マガレイ (88)，マツカワ (88)，ミズクサ (88)（オヒヨウ）
第2級　イシガレイ (67)，アサバ (67)，ババガレイ (62)，アカガレイ (57)
第3級　カワガレイ (48)，ナメタ (45)，ソウハチ (29)，
第4級　北洋ガレイ (20)，サメガレイ (19)，アブラガレイ (15)，（スナガレイ）

カッコ内のオヒヨウとスナガレイとは実験しなかつたが，価格比率及び後述の調査より導れた順位を参照して位置ずけたものである。

試食実験には函館では漁獲されないが，ブリストル湾で漁獲し冷凍品として函館市内で販売されている北洋ガレイを加えた。北洋ガレイにはコガネガレイ，キガレイ，シロガレイの3種があり，本研究で用いたのは日水より寄贈されたコガネガレイである。3種のうち最も美味と云われるのはキガレイである。3種の学名が小林喜雄氏により明かにされたので標準和名を附して次に掲げる。

コガネガレイ	*Limanda aspera* (Pallas).	ロスケガレイ
キガレイ	*Pleuronectes pallasii* Steindachner.	ツノガレイ
シロガレイ	*Hippoglossoides elassodon* (Jordan & Gilbert).	ウマガレイ
	Lepidopsetta bilineata (Ayres).	シュムシュガレイ

2・4　個体変化及び考察

2・4・1　試料及び実験法

供試した試料は同一海域で同一漁法により同時刻に漁獲された同大のものを同一に取扱い同一経路を経て入手したものであり，外観と来歴とより全く差をつけ難いものであつた。魚種としては刺身に最適のものとして，昭和32年4月24日瀬棚で漁獲されたヒラメを，素焼にはやはり最適の4月22日森で漁獲されたマガレイを，煮付には4月23日汐首で漁獲されたババガレイを用いた。この期間の平均気温は6.0〜7.8°C. 13時の気温は9.5〜11.1°C。ヒラメは産卵期前，マガレイは産卵期中，ババガレイは産卵後のものである。雌雄同数になるように望んだが開腹しなければ識別出来ないので，ヒラメは雌2，雄3，マガレイは雌のみ5，ババガレイは雌4，雄1であつた。試料の大きさ，生殖巣重量，鮮度は第17表の如くであつた。

実験方法としては Scheffé[3] が近年提出した paired comparisons〔対試験と邦訳したが未だ一般化されていない〕を少し変形して用いた。その概要を述べるとm種の試料A_1, A_2,……A_m があり，その優劣を比較しようとする時，m種の中から2種ずつを選び出して組合せを作る。組合せの数は$M=\frac{m}{2}(m-1)$で示される。この組合せに対して Scheffé の原法では2γ名の審査員のうちγ名は A_i, A_j という順に，他のγ名は A_j, A_i という順に審査させ，品質の順位に対して調べる順番かどのような効果を示すかを調べている。この実験では A_i, A_j を交互に繰返えして試食し，順序の効果を消去するようにしたので審査員はγ名ということになる。交互にした理由は多くの審査員から一度の試食では判断がつかないと云われ，その度に交互に繰返したのである。

データーの構造として Scheffé は次のように考えた。順序を考えに入れた組合せ (A_i, A_j) についてk番目の点数 $X_{i,k}$ は A_i を基準とした時 A_j に与えられる点数であるが，これは試料 A_i 及び A_j に対する嗜好の度合を示す一つの数 α_i 及び α_j が共存して ($\alpha_i-\alpha_j$) によつてほぼ決定されることが出来る。然しデーターの構造をもつと実情に適したものにしようとするならば，($\alpha_i-\alpha_j$) の他に A_i と A_j とを組合せにしたために生ずる偏り γ_{ij} 及び A_i を先に提出し A_j を後に提出したことに起因する順序の影響 δ_{ij} を考えねばならない。結局 X_{ijk} は次のように示される。e_{ijk} は誤差である。この実験では順序の効果を除いて考えている。

$$X_{ijk}=(\alpha_i-\alpha_j)+\gamma_{ij}+\delta_{ij}+e_{ij}$$

第17表 試食の個体変化検定の試料

魚種	試料番号	体重 g	全長 cm	体長 cm	卵巣 g	精巣 g	鮮度
ヒラメ	1	920	43	38		7.1	硬直
	2	1110	47	41	16.2		〃
	3	920	44	38		12.9	〃
	4	1125	47	41		19.8	〃
	5	1400	52	45	19.0		幾分軟化
マガレイ	1	730	37	30.5	3.9		硬直前
	2	501	33.5	28	2.6		〃
	3	508	33	28	2.6		〃
	4	524	32	27	1.9		〃
	5	565	34	29	2.7		〃
ババガレイ	1	750	37.5	33	10.5		硬直前
	2	855	41	36	17.5		〃
	3	825	42	36		3.5	〃
	4	770	39	33.5	14.5		〃
	5	864	43	37	16.7		〃

2·4·2 実験及び解析

5個を適宜切断し，調理し，夫々異つた10対の組合せを作り，〝あとア″，〝いとイ″……〝ことコ″の符号をつけ各対毎に試食審査し，第18表のような採点表に表中の指示に従つて採点する。採点表を回収した後，これに試料番号をつけ，記号を点数化して集計する。第19表にマガレイの集計の実際を示した。集計表より各試料の主効果 $\hat{\alpha}_i$ を計算する。その方法を第19表のA-3を例によつて示した。

$$\hat{\alpha}_3 = \frac{1}{5}(\hat{\pi}_{31} + \hat{\pi}_{32} + \hat{\pi}_{33} + \hat{\pi}_{34} + \hat{\pi}_{35})$$
$$= \frac{1}{5}(-\hat{\pi}_{13} - \hat{\pi}_{23} + 0 + \hat{\pi}_{34} + \hat{\pi}_{35})$$
$$= \frac{1}{5}(-0.45 - 0.65 + 0.2 + 0.2)$$
$$= -0.14$$

この様にして得られた $\hat{\alpha}_i$ を第20表にまとめて示した。

次に各平方和を求めて分散分析表を作るが，Scheffé の原法とは異り順序の効果に関する要因は除いてある。次にマガレイの計算例を示した。

$$\Sigma\,\hat{\alpha}_i^2 = 0.1631$$
$$S_\alpha = \gamma m \sum_{i=1}^{m} \hat{\alpha}_i^2 = 0.1631 \times 5 \times 20 = 16.31$$
$$\gamma = 20$$
$$m = 5$$
$$S_t = 3^2(1+2) + 2^2(8+13) + 1(35+52) = 198$$
$$S_\mu = S_\pi = \gamma \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} \hat{\pi}_{ij}^2 = 1.40 \times 20 = 28.0$$
$$S_\gamma = S_\pi - S_\alpha = 11.69$$
$$S_e = S_t - S_\pi = 170$$

かくして得られた分散分析表を第21表に示した。分散分析の結果，主効果 α_i はヒラメ刺身を除いた，マ

第18表 対 試 験 採 点 表

番号*	点*		⊚	◎	○	△	○	◎	⊚		点*	番号*
2	1	あ			○					ア	-1	3
1	0	い				○				イ	0	5
3	0	う				○				ウ	0	5
1	-1	え					○			エ	1	2
1	2	お		○						オ	-2	4
2	2	か		○						カ	-2	4
3	1	き			○					キ	-1	4
4	-1	く					○			ク	1	5
1	0	け				○				ケ	0	3
2	1	こ			○					コ	-1	5

採点法　対になつている試料を比較して，優れている側に優れた程度に応じて○印をつける。

⊚ …非常に優れている

◎ …かなり良い

○ …やや良い

△ …同程度

※の欄は採点結果を整理するときに記入する。

第19表 対 試 験 集 計 表

i　j	-3	-2	-1	0	1	2	3	合　計	$\hat{\pi}_{ij}$	$\hat{\pi}_{ij}^2$
1，2	1	1	6	10	1	1		-8	-0.4	.16
3			1	11	7		1	9	.45	.20 25
4		3	1	5	9	1	1	7	.35	.12 25
5		1	5	10	2	2		-1	-0.05	.00 25
2，3			1	9	6	4		13	.65	.42 25
4			3	8	5	4		10	.5	.25
5		1	5	7	7			0	.0	
3，4			2	12	6			4	.2	.04
5			3	10	7			4	.2	.04
4，5		2	8	7	2	1		-8	-0.4	.16
計	1	8	35	89	52	13	2			1.40

第20表 各カレイ類の $\hat{\alpha}_i$

	ヒラメ	マガレイ	ババガレイ
α_1	.007	.07	.173
α_2	.069	.31	.104
α_3	.035	-0.14	-0.370
α_4	-0.042	-0.20	.116
α_5	-0.055	.05	-0.024

ガレイ素焼，ババガレイ煮付に有意である。即ち後2者の間には個体差があつたことが知られる。

そこで Tukey の方法にしたがつて，各主効果の差 $\alpha_i - \alpha_j$ を推定する。

$$\hat{\alpha}_i - \hat{\alpha}_j - Y_{0.05} \leq \alpha_i - \alpha_j \leq \hat{\alpha}_i - \hat{\alpha}_j + Y_{0.05}$$

$Y_{0.05}$ の値は Student 化した範囲の表[3]から，マガレイの場合 m＝5，V ＝ 190 のとき $q_{0.05}$ ＝1.03 であるので

$$Y_{0.05} = 1.03\sqrt{\frac{0.895}{20 \times 5}} \fallingdotseq 0.10$$

と求められ，各主効果の差の信頼限界は±0.10以上となる。同様にババガレイの煮付の結果も処理し，個体変化に対しては次の結論を導きうる。

第21表 マガレイの分散分析表

要因		平方和	自由度	分散	分散比
主効	S_α	16.31	m－1＝4	4.08	F^4_{190} ＝4.56 **
偏差	S_γ	11.69	M－m＋1＝6	1.95	F^6_{190} ＝2.18
平均	S_μ	28.00	M＝10		
誤差	S_e	170	M(γ－1)＝190	.895	
総和	S_t	198	200		

2・4・3 個体変化に対する結論

同じような状態にあるヒラメを刺身とした場合は各個体間に有意の差を認めることが出来ない。マガレイ素焼では，優劣の差により2番，1，5番，3，4番の3群に分けられ，ババガレイの煮付の場合には 1，4，2番，5番，3番の3群に分けられる。

雌雄の差はババガレイの場合雄が最も劣つていたが，ヒラメの場合には雌雄による差を全く見出し得なかつた。雌の方が優つているような印象を得たが決定的な証明は出来なかつた。

総じて個体変化は徴かであるが存在すると云えうる。

2・5 結　　論

判定者の精度がよく，魚の部位別，個体別の差が著しくなく，然も試験中はそれらの誤差が互に打消されるように組合せられているので，考えられる誤差の程度は案外少いものと察せられ，試食試験から次の結論を導きえた。

第1級　ヒラメ，（オヒヨウ），マガレイ，マツカワ，ミズクサ

第2級　イシガレイ，アサバ，ババガレイ，アカガレイ

第3級　カワガレイ，ナメタ，ソウハチ

第4級　（スナガレイ），サメガレイ，アブラガレイ

3　記憶調査による判定

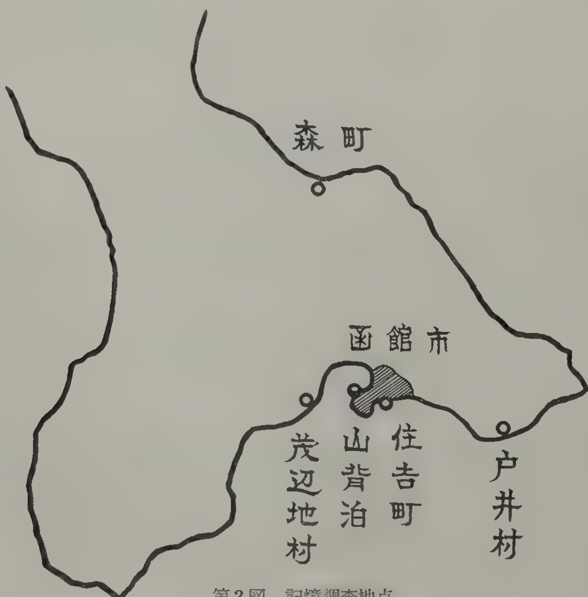
日頃食べているか或は嘗て食べたことのあるカレイ類の味の記憶を調査して，その優劣により順序をつけ，先に行つた価格比率や試食実験による結果と比較してみた。

3･1　記 憶 調 査

調査の対象を次の11種の階層に分類しこの中からカレイ類の味について精しい知識を持つている人を選んだ。であるから厳密にはランダムとは言えない。

A	学識者	8人
B	鮮魚卸売市場関係者	8
C_1	函館市内の鮮魚小売業者のうち戦後開業した者	6
C_2	〃　〃　戦前より開業している者	13
D	調理士	6
EA	函館市住吉町の漁業家若くはそれに準ずる者	6
EB	〃 山背泊　〃　〃	7
EC	森町　〃　〃	10
ED	茂辺地村　〃　〃	5
EE	戸井村　〃　〃	5
F	主婦その他	6

第2図に調査地の位置を示した。



第2図　記憶調査地点

調査は面接を原則とし，調査員が被調査人から聴取して記入するという形を望んだが，実際には調査表を預けておき後で回収に行くという場合がかなり多かつた。又原則として函館産15種のカレイ類を完全に識別出来る被調査人を望んだか，全部を知つていない者に対しても知らない魚種を除いて調査し，記憶の間違いと思われたものは発見のつど再調査して正確を期した。調査項目は品質の順位の他に，産卵期，多獲期，美味・不味の季節などで，後者については既に第１報に記した。カレイ類の名称はなるべく北方の標準的な呼び方を採用しようとして疋田氏の名称（第１報に記載してある）を用い，カワガレイをタカノハと称した所マツカワと混同し，その為に明に間違いと思われるものか続出し，調査時に際しての訂正は専らこゝにおかれた。カワガレイをタカノハと呼んだのは調査の失敗であつた。

3・2 調査結果の分析

調査結果は各グループ毎に集計し，各魚種に与えられた順位を平均し，その大小により順位をつけて各グループの順位とした。但し主婦その他（F）は知つている魚種が少く，記憶も完全でないのでこれは全部除いた。各グループ毎に平均する場合，ある魚を知らない為にその魚に順位をつけえない例があつた。この様な場合，この魚に便宜的に価格比率による順位を外挿して15種の魚に一様の順をつけた。但し外挿した値は平均の計算に加えなかつた。

こうして得られた各グループ毎の平均順位とグループ内の各個人の判定順位とを Spearman の順位相関の検定を行つた。その結果１％水準で有意でないものは除いて再平均した。この結果を第22表に示した。

第22表 記憶調査の順位

魚種＼グループ	A	B	C_1	C_2	D	EA	EB	EC	ED	EE	計	順位
ヒラメ	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.5	11.5	1
オヒヨウ	3	4.5	9	3	2	6	7	3	3	4	44.5	4
マガレイ	2	6	2	2	3	3	4.5	2	2	3	29.5	2
マツカワ	4	4.5	4	6.5	4	14	6	4	7	10	64	5.5
アカガレイ	7	7.5	10	8	10	7	10	6	13	9	87.5	9
ミズクサ	12	3	7.5	5	5	8	1	7	8	8	64.5	7
ババガレイ	5	2	3	4	7	2	4.5	9	5.5	1.5	43.5	3
イシガレイ	6	10	5.5	9	6	4.5	9	5	4	5	64	5.5
アサバ	11	12	13	11.5	13	9	14	12	9	11	115.5	12
ソウハチ	10	9	7.5	6.5	8	4.5	3	8	10	6	72.5	8
カワガレイ	8	11	12	13	9	10	11	11	5.5	7	97.5	10
ナメタ	9	7.5	5.5	10	11	12	8	10	12	13	98	11
スナガレイ	14	13	11	11.5	12	14	12.5	13	11	12	124	13
アブラガレイ	15	15	15	15	15	14	15	15	14.5	15	148.5	15
サメガレイ	13	14	14	14	14	11	12.5	14	14.5	14	135	14
調査人数	6	7	6	10	6	2	5	3	4	5	59	

Spearman の検定で除かれたものはBに属する人々の中に1人だけあつた。この人は刺身が嫌いであり，その感覚で採点したので常人の結果と異つて居り，除去された原因は明白である。

第22表に示された各グループの平均を更に平均して全体の順位をつけ，これを記憶調査による順位と呼ぶことにした。これについてもグループ内で検定したと同様に Spearman の方法を使用し，1％水準で何れも有意であることを確認した。

第22表に見られるように，ババガレイとオヒヨウ，マツカワとイシガレイ，ミズクサとカワガレイ及びナメタは総計が極めて接近している。被調査人員を変更することによつて，これらの順が少しく変動することが考えられる。この程度の誤差は調査の性質上避けられぬものである。

3・3　記憶調査の考察

被調査人員の品質判定の基準は夫々の利用法にそれぞれウエイトをおき，それらを綜合したものとした。このウエイトは各個人によつて異ることは容易に推定され，又この順位の再現性についても特に検討しておかねばならない。再現性の検討には被調査人Bの階層に属する某氏を選び，昭和29年12月（I），32年1月（II），32年6月（III），に調査した。IとIIとは全く無関係に調査し得たが，IIIの時にはIIを想い起し迷惑そうな顔をしたが，特にIIとIIIとを一致させようと努めたとは受取れなかつた。調査結果を前同様 Spearman の方法で順位相関を検定した所，調査のつど異つた判定基準を採用していたという仮説を1％水準で棄却出来ることを知つた。

一般の被調査人員の場合も各自の安定した基準で再現性のある判定をしていると推定しうる。よつて次の結論を導いた。

3・4　結　　論

記憶調査による品質の順位は次の如くである。

ヒラメ＞マガレイ＞ババガレイ＞オヒヨウ＞マツカワ・イシガレイ＞ミズクサ＞ソウハチ＞アカガレイ＞カワガレイ＞ナメタ＞アサバ＞スナガレイ＞サメガレイ＞アブラガレイ

4　考　　察

価格比率，試食実験，記憶調査によつて求められた順位をまとめ更にそれを二乗して第23表に示す。次に乱塊法により順位の検定を行つた結果，次の計算によつて示されるように，3方法による順位の一致は1％水準で偶然起つたとは考えられないことが判る。

$$W = \frac{S_B}{S_{BV}}$$

但し S_{BV} は全変動，S_B は調査方法間の変動

$$F_0 = \frac{(m-1)\,W}{1-W}$$

$$n_1 = (n-1) - \frac{2}{m}$$

$$n_2 = (m-1)\left\{(n-1) - \frac{2}{m}\right\}$$

$$m = 3,\ n = 15$$

$$\frac{T^2}{N} = \frac{360^2}{3\times 15} = 2880$$

$$S_{BV} = 3700.5 - 2880 = 820.5$$

$$S_B = \frac{10923}{3} - 2880 = 761$$

$$W = \frac{761}{820.5} = 0.9274$$

$$F_0 = \frac{(3-1) \times 0.9274}{1 - 0.9274} = 25.547$$

$$n_1 = (15-1) - \frac{2}{3} = 13.33$$

$$n_2 = (3-1)\left\{(15-1) - \frac{2}{3}\right\} = 26.66$$

$$F^{13.33}_{26.60}(0.01) \doteqdot 2.66$$

よつて $F_0 > F$

第23表　価格・試食・記憶３順位の検定

	価格順位	試食順位	記憶順位	計	計²	価²格順位	試²食順位	記²憶順位
ヒラメ	1	3	1	5	25	1	9	1
オヒヨウ	2	3	4	9	81	4	9	16
マガレイ	3	3	2	8	64	9	9	4
マツカワ	4	3	5.5	12.5	156.25	16	9	30.25
アカガレイ	5	7.5	9	21.5	462.25	25	56.25	81
ミズクサ	6	3	7	16	256	36	9	49
ババガレイ	7	7.5	3	17.5	306.25	49	56.25	9
イシガレイ	8	7.5	5.5	21	441	64	56.25	30.25
アサバ	9	7.5	12	28.5	812.25	81	56.25	144
ソウハチ	10	11	8	29	841	100	121	64
カワガレイ	11	11	10	32	1024	121	121	100
ナメタ	12	11	11	34	1156	144	121	121
スナガレイ	13	14	13	40	1600	169	196	169
アブラガレイ	14	14	15	43	1849	196	196	225
サメガレイ	15	14	14	43	1849	225	196	196
計	120	120	120	360	10923	1240	1221	1239.5.
							3700.5	

更にこの３順位について少し考察を加えてみる。便宜上価格，試食，記憶の３順位を夫々値段，味，評判の順位という語に置換えて表現すると，アカガレイの順位は味に較べて値段の方が高目であり，評判はやや落ち，ババガレイの値段は味にふさわしいが，評判はその味以上によい。アサバの値段は味に較べて割安であり，評判は味程よくない。これら以外は，値段は味と評判にふさわしいものである。

値段が味，評判にふさわしくない理由の一つとして魚に対して誤つた観念が存在することが考えられる。次に誤つた評判が根強くある例を示そう。ヒラメの刺身は優れているが，煮たり焼いたりした場合味が悪くて問題にならないと言われるが，今回の試食実験の結果では幾分その傾向があるが，然し煮ても焼いても第1級品の面目を保つていた。

アカガレイの値段の高い理由は説明出来ないが，アサバの値段の安く評判の悪いのは函館地区ではあまり漁獲されず人々にあまり知られていないからであろう。

実際函館産カレイ類の順位を示すには試食順位を採用して，1級より4級までに分けるのが宜しい。

5 結論

函館産15種のカレイ類の品質の順位をマガレイを基準とした月平均価格比率，試食実験及び記憶調査によつて求め，3順位を比較考察した所よく一致している事が判つた。その順位は次のように試食実験による結果で示すのが妥当である。

第1級　ヒラメ，オヒヨウ，マガレイ，マツカワ，ミズクサ
第2級　イシガレイ，ババガレイ，アサバ，アカガレイ
第3級　カワガレイ，ナメタ，ソウハチ
第4級　スナガレイ，サメガレイ，アブラガレイ

あとがき

本研究には推計学者の協力を望んだが得られなかつた。随つて推計学の応用に際して多くの欠点があるかも知れない。それらについて叱正賜りたい。推計学者以外には実に多くの方々の協力指導を得た。殊に恩師村田喜一先生の深い理解と激励，また，藤田芳雄，平野亮輔両君の調査・計算に対する協力に負う所が多い。心から感謝します。

文献

1) 大石圭一 (1958). 北大水産学部研究彙報 9, 171.
2) 内田恵太郎 (1956). さかな. 201p. 東京; 慶応通信社.
3) Scheffé H. (1952). *J. Amer. Stat. Assoc.* 47, 381.
浦　昭二 (1954). 品質管理 5, 32.
吉川誠次 (1955). 味噌技術 No. 29.
Pearson, E. S. & Hartley, H. O. (1943—46). *Biometrika* 33, 89.
4) 本研究で用いた推計学の参考書
寺田一彦 (1951). 推測統計法. 213p. 東京; 朝倉書店.
畑村ら訳 (1952). スネデカー統計的方法. 474p. 東京; 岩波書店.
増山元三郎 (1950). 少数例の纏め方. 144p. 東京; 河出書房.
Kendall, M. G. (1955). *Rank Correlation Methods*. 196p. London; Charles Griffin.
Fisher, R. A. & Yates, F. (1953). *Statistical Tables*, 126p. London; Oliver and Boyd..

ミズタコ肝臓の脂質

第1報　アセトン可溶性脂肪物質の脂肪酸組成

羽　田　野　六　男
（北海道大学水産学部水産化学第一講座）

Lipids from the Liver of *Octopus dofleini*

I. Composition of fatty acids of acetone-soluble lipid

Mutsuo HATANO

Abstract

The acetone-soluble lipid was obtained in the yield of 1067g. from 7300 g. of liver (14.6% from fresh tissue) of *Octopus dofleini*. This lipid had the following properties: acid no. 77.3, sapon. no. 174.9, iodine no. 201.0, d_4^{20} 0.9323, n_D^{20} 1.4833, and unsaponifiable matter 8.57%.

The mixed fatty acids prepared from the acetone-soluble lipid had neutr. no. 186.0, iodine no. 216.1, and gave 66.5% of ether-insoluble bromides which contained 68.5% of bromine.

Methyl esters of the mixed acids were fractionated by distillation to yield 18 fractions, from which saturated esters were isolated by the permanganate oxidation and analyzed. Composition of the mixed fatty acids was found to be as follows: Saturated C_{14} 2.3, C_{16} 10.9, C_{18} 9.8, C_{20} 1.7, unsaturated C_{14} 0.7 (-2.0H), C_{16} 8.7 (-2.6H), C_{18} 31.4 (-3.7H), C_{20} 23.3 (-7.9H), C_{22} 8.3, and C_{24} 2.9%.

From the mixed fatty acids, myristic, palmitic, stearic, arachidic, hexadecenoic, octadecenoic, eicosenoic, hexadecatrienoic, octadecatrienoic, eicosatetraenoic, eicosapentaenoic, docosapentaenoic, and tetracosapentaenoic acids were isolated and identified; the presence of a small quantity of lower fatty acids was presumed.

緒　　言

頭足綱の肝臓脂質に関する研究は十腕目であるスルメイカ（*Ommastrephes sloani pacificus*）及びホタルイカ（*Watasenia scintillans*）について詳細な研究が数多くあるが，八腕目に関しては研究が少い。古くHenze[1]がタコ（学名は未記載）肝油についてエーテル不溶性鉛塩はトリパルミチン80%，トリステアリン20%，エーテル可溶性鉛塩はオレイン酸よりなることをみている。マダコ（*Octopus vulgaris*）肝油の性状として，辻本ら[2]は d_4^{15}0.9305，n_D^{20} 1.4835，酸価0.5，鹼化価173.0，沃素価175.0，不鹼化物8.36%，エーテル不溶性臭化物 57.67%，臭化物の臭素含量 70.82%であるとし，湊[3]は酸価 61.3，鹼化価 190.4，沃素価195.4であると報告している。又ミズタコ（*Octopus dofleini*）肝油のエーテル抽出物について，松本ら[4]は d_4^{20} 0.9402，n_D^{20} 1.4821，酸価44.1，鹼化価181.6，沃素価161.5，不鹼化物6.9%で，脂肪酸の高度不飽和酸部（中和価185.1，沃素価301.3）は分光分析でジエン酸7.7%，トリエン酸2.8%，テトラエン酸3.8%，ペンタエン酸2.5%，ヘキサエン酸2.3%を示し，低度不飽和酸部はオレイン酸38.4%，リノール酸25%，飽和酸はミリスチン酸0.7%，パルミチン酸7.9%，ステアリン酸2.6%であることをみている。

著者はミズタコ（*Octopus dofleini*）肝臓脂質について未だ系統的研究が行われていないので，肝臓を数種溶剤で連続的に処理して得た各種の脂質の系統的な検索を試み，そのアセトン可溶区分（非燐脂質部）の脂肪酸組成及び構成脂肪酸の各個について述べる。尚不鹼化物成分及び燐脂質成分については別報にゆずる。

実験及び結果

脂質抽出の際の溶剤溜去，濃縮の如き操作は全て減圧下 CO_2 気流中で行い，沃素価は Wijs 法，臭素含量測定は stepanow 変法[5] によつた。

試料としては，1955年12月に北海道釧路沿岸にて漁獲されたミズダコ肝臓を用いた。

アセトン可溶区分の調製

供試肝臓 7300 g を 3 倍量のアセトンにより室温で抽出し，圧搾して抽出液と残渣とに分けた。この操作を更に 5 回繰返してアセトン可溶部の抽出を行つた。これらの抽出液を合せてアセトンを溜去し，残留物をエーテルで抽出し， エーテル抽出液を水洗後， 乾燥してエーテルを溜去した後， 多量のアセトンで分別を行い，アセトン可溶部を精製した。このようにして得たアセトン可溶区分 1067 g は黒褐色油状液体であり，アセトン抽出残渣 973 g はアセトン分別に於けるアセトン不溶区分 6 g と共に燐脂質の抽出に供した。これに関しては別報に述べる。アセトン可溶区分の性状は Table 1 に示す。

Table 1. Properties of acetone-soluble lipid

Appearance	Dark brown liquid	Acid no.	77.3
Yield, % from fresh tissue	14.6	Saponification no.	174.9
Specific gravity, d_4^{20}	0.9323	Iodine no.	201.0
Refractive index, n_D^{20}	1.4833	Unsaponifiable matter, %	8.57

脂肪酸の性状

前記アセトン可溶性脂肪物質 1000 g を常法によりアルコール性 KOH で鹸化し，不鹸化物をエーテルで抽出後，酸性とし混合脂肪酸 710 g を得た。このものの性状は Table 2 に示す。

Table 2. Properties of mixed fatty acids prepared from acetone-soluble lipid

Melting point, °C	15–20	Ether-insoluble bromides,	
Refractive index, n_D^{20}	1.4783	Yield, %	66.5
Neutralization no.	186.0	Bromine, %	68.5
Iodine no.	216.1		

混合脂肪酸から鉛塩アルコール法でアルコール不溶性鉛塩を生ずる部分として固体酸を分離し， 可溶性鉛塩より得た液体酸は更にリチウム塩アセトン法によつてアセトン不溶性リチウム塩から低度不飽和酸を可溶性リチウム塩から高度不飽和酸を夫々分離した。その結果は Table 3 に示す通りである。

混合脂肪酸の組成

混合脂肪酸 100 g をメチルエステル（n_D^{20} 1.4679，酸価 0.5，鹸化価 183.7，沃素価 196.7）となし，その 98.0 g を精密に分溜して Table 4 の如く分劃した。

各溜分のメチルエステルをアセトン溶液中で $KMnO_4$ で酸化し不飽和エステルを完全に分解した後，飽和エステルを定量した。これより各溜分中の飽和エステルの含量と鹸化当量より飽和エステルの炭素数を，不飽和エステルの含量，鹸化当量と沃素価より不飽和度及び炭素数を算出すると Table 5 の通りになる。但し溜分 -16，-17，及び -18 の不飽和エステルの鹸化当量としては各原溜分の鹸化当量を採用し，飽和エステル

Table 3. Properties of fatty acid fractions

	Solid acids *	Liquid acids *	Higher-unsaturated acids **	Lower-unsaturated acids **
Yield, %	27.0	(73.0)	40.6	32.4
Melting point, °C	43-46	—	—	—
Refractive index, n_D^{20}	—	1.4798	1.4913	1.4623
Neutralization no.	204.2	179.4	169.5	192.5
Iodine no.	24.5	240.8	313.7	130.2

* Separated by a treatment of the lead salts of mixed acids with ethanol.
** Separated from the liquid acids by the lithium salts-acetone procedure.

Table 4. Fractional distillation of mixed methyl esters (1)

No.	Distillation temperature, °C	Pressure, mm. Hg	Yield g.	Yield %	Sapon. no.	Sapon. equivalent	Iodine no.
1	- 163	4.5	1.1	1.1	226.1	248.1	40.6
2	163 - 160	3.5	3.5	3.6	215.9	259.8	40.5
3	160 - 163	3.0	3.9	4.0	210.5	266.5	53.0
4	163 - 166	〃	3.7	3.8	208.1	269.7	56.5
5	166 - 170	〃	4.7	4.8	202.9	276.6	65.1
6	170 - 175	2.0	11.4	11.6	196.3	285.9	83.1
7	175 - 178	1.5	11.2	11.4	191.4	293.2	123.2
8	178 - 183	〃	5.9	6.0	186.6	300.8	177.2
9	183 - 188	〃	4.2	4.3	185.9	301.9	215.7
10	188 - 193	〃	9.4	9.5	185.9	301.9	247.6
11	193 - 197	〃	9.0	9.2	184.8	303.6	254.9
12	197 - 201	〃	9.1	9.3	180.1	311.5	255.5
13	201 - 206	〃	3.2	3.3	179.3	312.9	272.0
14	206 - 211	〃	3.2	3.3	178.6	314.2	271.1
15	211 - 216	〃	2.6	2.7	171.7	326.8	266.5
16	216 - 235	〃	1.2	1.2	169.7	330.7	127.5
17	235 -	〃	2.0	2.0	158.8	353.4	129.1
18	Residue	—	8.7	8.8	156.0	359.7	123.6

は全く含まないものとした。次に各溜分の飽和エステル及び不飽和エステルが夫々近接する偶数炭素数の脂肪酸からなるものとして，各溜分の脂肪酸の組成を算出すると Table 6 に示す結果が得られた。尚 Table 6 の%は全脂肪酸メチルエステル中の各脂肪酸メチルエステルの%であるが，近似的に全脂肪酸中の各脂肪酸の%とみて差支えない。

構成脂肪酸の確認

別に混合脂肪酸 550 g をとり鉛塩アルコール法によつてアルコール不溶性鉛塩と可溶性鉛塩とに分別し，不溶性鉛塩を硝酸で分解した後石油エーテル（bp 45—65°）で固体酸（中和価202.4，沃素価29.4）64.5 g を

抽出し，可溶性鉛塩から液体酸を分離し，更に液体酸をリチウム酸アセトン法によつて低度不飽和酸（中和価205.2，沃素価117.5，n_D^{20} 1.4531）160 g と高度不飽和酸（中和価169.5，沃素価319.0，n_D^{20} 1.4740）240 g に夫々分離した。

Table 5. Fractional distillation of mixed methyl esters (2)

No.	Saturated esters			Unsaturated esters			
	%	Sapon. equivalent	Carbon number of acid	Sapon. equivalent	Iodine no.	Mean unsaturation, -H	Carbon number of acid
1	60.4	244.6	14.2	253.1	102.4	2.1	14.9
2	63.0	257.9	15.1	261.8	109.3	2.3	15.5
3	52.5	263.3	15.5	270.1	111.5	2.4	15.9
4	53.6	269.1	15.9	270.3	121.8	2.6	16.1
5	48.2	275.6	16.4	277.9	125.7	2.8	16.6
6	38.7	281.2	16.8	287.2	135.5	3.1	17.3
7	27.4	288.4	17.3	295.0	169.7	3.9	18.0
8	22.9	293.1	17.6	302.7	239.8	5.7	18.7
9	18.9	297.8	18.0	302.8	265.9	6.3	18.8
10	17.2	301.8	18.2	301.9	299.0	7.1	18.8
11	16.8	303.4	18.4	304.1	306.3	7.3	18.9
12	15.8	312.9	19.0	312.9	303.4	7.5	19.5
13	14.7	313.3	19.1	312.8	318.9	7.9	19.6
14	6.3	315.3	19.2	319.3	289.3	7.3	19.6
15	3.5	320.8	19.6	327.0	276.1	7.1	19.9
16	—	—	—	330.7	127.5	3.3	20.5
17	—	—	—	353.4	129.1	3.6	22.2
18	—	—	—	359.7	123.6	3.5	22.6

Table 6. Fatty acid composition of acetone-soluble lipid

Carbon number of acid, C_n	Saturated				Unsaturated					
	C_{14}	C_{16}	C_{18}	C_{20}	C_{14}	C_{16}	C_{18}	C_{20}	C_{22}	C_{24}
%	2.3	10.9	9.8	1.7	0.7	8.7	31.4	23.3	8.3	2.9
Mean unsaturation, -H	—	—	—	—	2.0	2.6	3.9	7.9	—	—

(1) 固体脂肪酸

前記固体酸を常法によりメチルエステル（鹼化価 193.8，沃素価 27.8，酸価 2.1，n_D^{20} 1.4446）とし，その 60.0 g を分溜して Table 7 の結果を得た。

溜分 S 1及び-2 を合せ 4mmHg で再溜を行い，沸点 152°，鹼化価 228.3 の溜分 1.4 g を得た。これを鹼化して得た脂肪酸を活性炭を通じて脱色し，90% エタノールから再結を繰返して融点 51.5—53°，中和価244.8 の結晶を得た。このものはミリスチン酸（融点54°，中和価 245.8）に相当し，純品と混融しても融点の降下はみられなかつた。

溜分 S-3，-4，-5，及び -6 を 3mmHg で再溜し，沸点 154—159°，鹼化価 207.1 の溜分 3.7 g を得た。こ

Table 7. Fractional distillation of the methyl esters of solid fatty acids

	B.P. °C / 4mm. Hg	Yield		Sapon. no.	Iodine no.
		g.	%		
S - 1	- 155	14.7	24.3	218.8	1.5
S - 2	155 - 160	14.3	23.8	211.6	2.5
S - 3	160 - 165	7.7	12.8	206.5	4.1
S - 4	165 - 170	4.7	7.8	203.9	5.1
S - 5	170 - 180	4.6	7.7	198.5	16.4
S - 6	180 - 190	1.1	1.8	194.5	18.2
S - 7	190 - 210	4.5	7.5	182.0	29.3
S - 8	Residue	8.4	14.0	173.5	95.9

れより得た脂肪酸を同様にエタノールから再結して融点 60.5—61.5°，中和価 219.2 の結晶を得た。これはパルミチン酸（融点 62.5°，中和価 219.0）に相当し，純品と混融しても融点の降下はみられなかつた。

溜分S-7と上記再溜に於ける沸点166—180°の溜分を合せ 2.5mmHgで再溜を行い，沸点191—194°，鹸化価190.7 の溜分1.0gより得た脂肪酸を同様に再結を繰返し，融点69.5°—70°，中和価196.9の結晶を得た。これはステアリン酸（融点 70.1—71.5，中和価 197.4）の純品と混融しても融点降下はみられなかつた。

又上記再溜に於ける沸点210°，鹸化価172.2の溜分1.1gより得た脂肪酸を再結して融点73—73.5°，中和価178.1の結晶を得た。これは幾分未精製であるが，アラキジン酸（融点75—77°，中和価179.6）に相当する。

(2) 低度不飽和脂肪酸

低度不飽和酸をメチルエステル（鹸化価 192.7，沃素価 110.2，酸価 1.1，n_D^{20} 1.4546）とし，その 143.0g を分溜して Table 8 の結果を得た。

Table 8. Fractional distillation of the methyl esters of lower-unsaturated fatty acids

	B.P. °C / 2.5mm. Hg	Yield		Sapon. no.	Iodine no.
		g.	%		
LU - 1	- 110	2.8	1.9	241.9	63.6
LU - 2	110 - 151	1.3	0.9	220.0	67.2
LU - 3	151 - 159	3.3	2.3	206.7	67.4
LU - 4	159 - 164	5.6	3.9	198.4	69.4
LU - 5	164 - 168	10.5	7.3	196.8	76.5
LU - 6	168 - 171	13.0	9.0	196.0	82.8
LU - 7	171 - 175	22.1	15.5	195.3	104.8
LU - 8	175 - 179	21.5	15.0	190.1	107.6
LU - 9	179 - 184	10.3	7.2	187.2	115.1
LU - 10	184 - 190	8.8	6.2	185.6	124.7
LU - 11	190 - 195*	10.1	7.1	185.5	129.1
LU - 12	195 - 200*	15.1	10.6	178.7	142.3
LU - 13	200 - 202*	8.8	6.2	174.9	160.8
LU - 14	Residue	9.8	6.9	168.3	160.1

* Boiling point at 3 mm. Hg.

溜分 LU-3を鹸化して中和価224.3，沃素価60.0の脂肪酸を得た。このものを Hazura 酸化を行い，水不溶性酸化生成物のオキシ酸を吸引濾別，乾燥し，石油エーテルで未酸化酸を除去し90%エタノールより再結を繰返して，融点123—123.5°，中和価194.2の結晶を得た。これはジオキシパルミチン酸（融点124°，中和価194.6）と考えられ，原脂肪酸はヘキサデセン酸（中和価220.7，沃素価99.8）の大部分よりなるものと考えられる。

溜分 LU-8から中和価198.1，沃素価96.7の脂肪酸を分離し，これを Hazura 酸化し，酸化生成物を石油エーテル，エタノールから再結を繰返して，融点135—136°，中和価177.0の結晶を得た。これはジオキシステアリン酸（融点136.5°，中和価177.4）に相当し，原脂肪酸は大部分オクタデセン酸（中和価198.8，沃素価89.9）であり，原溜分 LU 8はこれにC_{18}高度不飽和酸を混じ得たもののエステルと考えられる。

溜分 LU-13から中和価182.9，沃素価167.8の脂肪酸を分離し，Hazura 酸化生成物を石油エーテル，エタノールから再結して融点127—128°，中和価163.0の結晶を得た。これはジオキシアラキジン酸（融点128°，中和価163.0）に相当する。原脂肪酸は大部分がエイコセン酸（中和価180.8，沃素価81.8）であり，この溜分はエイコセン酸メチルにC_{20}高度不飽和酸メチルを混在するものと考えられる。

（3） 高度不飽和脂肪酸

高度不飽和酸をメチルエステル（鹸化価172.6，沃素価305.5，酸価5.0，n_D^{20} 1.4829）とし，その208.0gを分溜した結果は Table 9に示す。

Table 9. Fractional distillation of the methyl esters of higher-unsaturated fatty acids

	B.P. °C / 2.5 mm. Hg	Yield		Sapon. no.	Iodine no.
		g.	%		
HU - 1	- 110	2.4	1.1	294.9	87.9
HU - 2	110 - 165	3.0	1.4	196.6	188.3
HU - 3	165 - 175	8.1	3.9	194.9	205.2
HU - 4	175 - 185	24.7	11.8	193.2	214.1
HU - 5	185 - 193	50.5	24.3	177.3	306.8
HU - 6	193 - 198	49.5	23.8	174.8	360.2
HU - 7	193 - 198*	25.5	12.6	171.0	279.3
HU - 8	198 - 205*	14.3	6.8	170.8	279.1
HU - 9	209 - *	8.4	4.0	164.7	370.5
HU - 10	Residue	21.6	10.3	150.4	207.0

* Boiling point at 2 mm. Hg.

溜分 HU-2，-3，及び-4を2.5mmHgで再溜を行い，沸点150—160°，鹸化価208.6，沃素価243.3の溜分9.8gを得た。これを鹸化して得た脂肪酸は中和価221.4，沃素価298.4，n_D^{20} 1.4689で，このものをエーテル溶液中で臭素化して得たエーテル不溶性臭化物の臭素含量は66.62%であつた。これは大部分がC_{16}トリエン酸（中和価224.2，沃素価304.4，6臭化物臭素含量65.71%）と考えられる。この6臭化物を脱臭素して得たメチルエステルを鹸化して得た脂肪酸（中和価220.6，沃素価310.1）を無水エタノール溶液中でラネーニツケルを触媒として水素添加を行い，水素添加物を90%エタノールより再結を繰返して融点61.5—62°，中和価218.1なる結晶を得た。これはパルミチン酸に相当するので原溜分の脂肪酸はヘキサデカトリエン酸であることを確認した。

溜分 HU-5，-6，-7，-8及び上記再溜に於ける沸点185—190°の溜分を合せ2.5mmHgで再溜を行い，沸点

180—185°，鹼化価192.8，沃素価322.5の溜分21.2gを鹼化して得た脂肪酸は，中和価202.5，沃素価324.0，n_D^{20} 1.4884で，これより生成したエーテル不溶性臭化物の臭素含量は68.77%を示した。これはC_{18}トリエン酸（中和価 201.7，沃素価 273.7，6臭化物臭素含量 63.28%）とC_{18}テトラエン酸（中和価 203.1，沃素価 367.6，8臭化物臭素含量 69.83%）の中間にあり，これを脱臭素して分離した脂肪酸（中和価 201.1，沃素価351.2）の水素添加物の再結晶後の融点 68—69°，中和価 196.8よりみて，これはステアリン酸に相当するので原溜分の脂肪酸は**オクタデカトリエン酸とオクタデカテトラエン酸**よりなることを確認した。

上記再溜中の沸点 200—210°，鹼化価172.9，沃素価 364.5 の溜分 2.2g より得た脂肪酸は中和価183.3，沃素価 380.2，n_D^{20} 1.5041，エーテル不溶性臭化物臭素含量68.20%で，これはC_{20}テトラエン酸（中和価184.4，沃素価 333.7，8臭化物臭素含量67.76%）とC_{20}ペンタエン酸（中和価 185.6，沃素価419.9，10臭化物臭素含量 72.56%）の中間にあり，脱臭素して得た脂肪酸（中和価 184.1，沃素価 358.1）を水素添加した水素添加物は融点 73.5-74°，中和価 187.8 で，これはアラキジン酸にステアリン酸の少量混在したものと考えられる。従つて原脂肪酸は大部分の**エイコサテトラエン酸とエイコサペンタエン酸**よりなるものと考えられる。

溜分 HU 9 より中和価 171.7，沃素価 333.9，n_D^{20} 1.5140，エーテル不溶性臭化物臭素含量 69.31%の脂肪酸を得た。又脱臭素して得た脂肪酸（中和価164.5，沃素価334.1）の水素添加物は融点78—79°，中和価163.6でベヘニン酸に相当する。従つて原脂肪酸はその大部分ドコサペンタエン酸（中和価 169.8，沃素価 384.2，10臭化物臭素含量70.76%）であると考えられる。

溜分 HU-10 を鹼化し石油エーテル抽出によつて得た脂肪酸は中和価 160.6，沃素価336.1，n_D^{20} 1.5059で，エーテル不溶性臭化物臭素含量66.87%，熱ベンゼン可溶性臭化物臭素含量 65.80%，熱ベンゼン不溶性臭化物臭素含量68.68%と，C_{24}ペンタエン酸（中和価 156.6，沃素価354.2，10臭化物臭素含量69.05%）に近似していることから原溜分に**テトラコサペンタエン酸**の存在していることは確実であると考えるのが妥当である。

尚溜分 LU-1，-2，及び HU-1 は沸点，鹼化価，沃素価より低級脂肪酸の存在が推定されたが，これに関しては次報で報告する。

考察及び総括

ミズダコ肝臓をアセトンで繰返して抽出し抽出物よりアセトン可溶性脂肪物質を分離し，このものより混合脂肪酸を得てこれを定量且つ定性的に検索した。

Table 10. Fatty acid components of the acetone-soluble lipid from liver of *Octopus dofleini*

Carbon no., Cn	%	Mean unsaturation, -H	Identified acids
14	2.3	saturated	Myristic
16	10.9	〃 〃	Palmitic
18	9.8	〃 〃	Stearic
20	1.7	〃 〃	Arachidic
14	0.7	2.0	〒1 of C_{14} or less
16	8.7	2.6	C_{16} 〒1，C_{16} 〒3
18	31.4	3.9	C_{18} 〒1，C_{18} 〒3，C_{18} 〒4
20	23.3	7.9	C_{20} 〒1，C_{20} 〒4，C_{20} 〒5
22	8.3	—	C_{22} 〒5
24	2.9	—	C_{24} 〒5

即ち混合脂肪酸をメチルエステルとして分溜し各溜分の鹼化価，沃素価，飽和エステルの含量を測定した結果にもとずいて，全脂肪酸中の諸種の脂肪酸含量を近似的に求めた。

次に混合脂肪酸を固体酸，低度不飽和酸，高度不飽和酸に分別しこれらのメチルエステルを夫々分溜して，C_{14}, C_{16}, C_{18}, C_{20}の飽和酸，不飽和酸としてはC_{16}，C_{18}，C_{20}のモノエチレン酸，C_{16}，C_{18}のトリエン酸，C_{18}，C_{20}のテトラエン酸，C_{20}，C_{22}，C_{24}のペンタエン酸を確認した。尚 C_{14}以下の低級

脂肪酸の存在を推定した。以上を総合すると Table 10 の如くになる。

以上の結果同一綱に属するスルメイカ肝油の組成及び構成脂肪酸[6)7)8,9)]と比較するならば，大体において類似し高度不飽和酸の含有量が比較的高いことを認めた。

本実験にあたり終始御懇篤なる御指導を賜つた恩師五十嵐久尚教授，座間宏一助教授並びに実験に協力下さつた片田宗男，野田俊夫両氏に厚く感謝いたします。

文　献

1) Henze, M. (1908). *Z. physiol. Chem.* 55, 433.
2) 辻本満丸・小林脩明 (1919). 工化 22, 1058.
3) 湊顕 (1949). 薬誌 69, 98.
4) 松本太郎・曾根博・新谷勛 (1956). 油化学 5, 58.
5) 木村和三郎 (1934). 工化 37, 1310.
6) 高尾正保・富山新一 (1953). 農化 27, 737, 741.
7) 辻野勇 (1954). 同誌 28, 56.
8) 山田実 (1954). 北大水産彙報 5, 86.
9) 足立明己・平尾子之吉 (1956). 油化学 5, 58.
―――・――― (1956). 日化第9年会.
―――・――― (1956). 油化学 5, 382.

ミズタコ肝臓の脂質

第2報　アセトン可溶性脂肪物質の低級脂肪酸について

羽　田　野　六　男
（北海道大学水産学部水産化学第一講座）

Lipids from the Liver of *Octopus dofleini*

II. On the lower fatty acids of acetone-soluble lipid

Mutsuo HATANO

Abstract

The lower saturated and monoethylenic fatty acids of the acetone-soluble lipid from the liver of *Octopus dofleini* were studied.

Paper chromatography of 2,4-dinitrophenylhydrazides of the saturated acids showed the existence of caprylic, capric, and lauric acids.

The lower monoethylenic acids were fractionated into C_{10}-, C_{12}-, and C_{14}- acids.

Permanganate oxidation of methyl esters of the acids indicated the presence of 3-decenoic, 4-dodecenoic (linderic), and 5-tetradecenoic (physeteric) acids.

緒　　言

スルメイカ（*Ommastrephes sloani pacificus*）肝臓脂質の構成脂肪酸については数多くの詳細な報告があるが，低級脂肪酸に関するものは余り多くはない。小幡ら[1]がスルメイカ肝油の揮発性脂肪酸として蟻酸，醋酸，プロピオン酸，酪酸，バレリアン酸，カプロン酸，ペラルゴン酸を認め，足立ら[2]は低級脂肪酸としてカプリン酸とラウリン酸の存在を認め，カプロン酸とカプリル酸を推定している。又高尾ら[3]もスルメイカ内臓油よりカプリル酸，カプリン酸，n-オクテン酸を夫々単離確認している。

又同一綱に属するミズタコ（*Octopus dofleini*）肝臓脂質の構成脂肪酸については既に松本ら[4]と著者[5]が報告しているが，未だ低級脂肪酸については研究がない。

著者は今回前報[5]で推定した低級脂肪酸溜分を検索し，飽和酸としてカプリル酸，カプリン酸，ラウリン酸，不飽和酸として3-デセン酸，4-ドデセン酸（リンデル酸），5-テトラデセン（抹香酸）の存在を確認したので報告する。

実験及び結果

実験操作については前報[5]とほゞ同様であり，沃素価は Wijs 法によつた。

試料としては前報に於ける脂肪酸のメチルエステルを分溜して低級脂肪酸を含むエステルと考えられる溜分を実験に供した。

低級脂肪酸メチルエステルの分溜

前報 Table 8 の溜分LU-1（鹸化価241.9，沃素価63.6），LU-2（鹸化価222.0，沃素価67.2），Table 9 の溜分HU-1（鹸化価294.9，沃素価87.9）及び HU-2を2.5mmHg で精溜し沸点120°の溜分（鹸化価264.9，沃素価139.9）を合せ，その6.7gを分溜し Table 1 の結果を得た。

Table 1. Fractional distillation of the methyl esters of lower fatty acids

Fraction no.	B.P. °C / 3mm. Hg	Yield		Sapon. no.	Iodine no.
		g.	%		
1	- 90	1.4	20.9	302.5	48.6
2	90 - 145	0.7	10.4	270.4	86.3
3	145 - 155	0.9	13.4	253.6	86.9
4	155 - 160	0.9	13.4	240.2	88.2
5	160 - 175	0.8	11.9	229.4	125.3
6	Residue	2.0	29.9	—	—

Table 2. Properties of the lower fatty acids

Fraction no.	Refractive index, n_D^{20}	Neutralization no.	Iodine no.
1	1.4605	327.1	42.4
2	1.4622	289.9	87.0
3	1.4560	270.8	88.6
4	1.4555	255.3	84.2
5	1.4531	243.6	105.4

低級飽和脂肪酸の検索

各溜分は刺戟性のある芳香を有するもので，この一部を夫々常法により鹸化して得た脂肪酸の性状はTable 2 に示す。次に各溜分の脂肪酸をチオニールクロライドにて酸塩化物とし，ピリジン中で2,4-ジニトロフエニルヒドラジンと反応させて脂肪酸のジニトロフエニルヒドラチッドを生成せしめ，これをペーパークロマトグラフィー[6]により検索した。即ち脂肪酸誘導体のベンゼン溶液を試料とし，濾紙はテトラリンを噴霧した東洋濾紙No 2 を用い，展開剤は90%メタノール，醋酸及びテトラリン（10：2：1）で上昇法により30°Cで展開し，発色は0.5N-アルコール性KOHを噴霧して行つた。その結果溜分-1にはカプリル酸（R_f値 0.73），とカプリン酸（R_f値 0.66），溜分-2から-5までにラウリン酸（R_f値 0.58）を認めた。

低級不飽和脂肪酸の検索

各溜分-1，-2及び-5は夫々C_{10}，C_{12}，C_{14}酸に該当する溜分なので，これらの溜分のエステルをアセトン溶液中にて$KMnO_4$で処理し不飽和酸メチルを完全に酸化分解した後，Na_2CO_3水溶液を加えて分解生成物（酸性物質）を中和してエーテル抽出によつて飽和酸メチルを除き，水溶液をH_2SO_4酸性にして水蒸気蒸溜を行い溜出液を10%NaOH水溶液に捕集した。この溶液を少量に濃縮後再びH_2SO_4酸性にしてエーテルに移し，エーテル抽出液は飽和食塩水で水洗，乾燥，溶剤を溜去して分解生成物中の一塩基性酸を得，これを上記同様に2,4-ジニトロフエニルヒドラチッドにしてペーパークロマトグラフィー[6]により検索した。その結果溜分-1 の分解生成物の一塩基酸としてはヘプタン酸（R_f値 0.78）を認め，本溜分は鹸化価及び脂肪酸の中和価よりC_{10}酸に該当するものと考えられるので，この溜分の不飽和酸は3-デセン酸と推定された。溜分-2に於いても同様にカプリル酸（R_f値 0.73）を認め，本溜分の脂肪酸はC_{12}酸に該当し4-ドデセン酸（リンデル酸）と推定された。又溜分-5に於いてはペラルゴン酸（R_f値 0.69）を認め，本溜分はC_{14}酸に該当するので，この不飽和酸は5-テトラデセン酸（抹香酸）であることが推定された。

考 察

ミズダコ肝臓アセトン可溶性脂肪物質の低級脂肪酸について，飽和酸としてはカプリル酸，カプリン酸とラウリン酸をペーパークロマトグラフィーによつて確認した。不飽和酸としては$KMnO_4$酸化による分解生成物の一塩基性酸のみをペーパークロマトグラフィーにより確認し，これよりC_{10}，C_{12}，C_{14}不飽和酸の構造を

推定した。その結果3-デセン酸，4-ドデセン酸（リンデル酸），5-テトラデセン酸（抹香酸）の存在は確実と考えられる。

3-デセン酸は未だ天然物より分離された例はなく Hexylparaconic acid の蒸溜物より分離されただけである。4-ドデセン酸は植物種子油に見られるが未だ水産動物油脂には認められずなかんずく頭足類の内臓脂質に於いても始めてである。5-テトラデセン酸は水産動物油脂よりしばしば見出されているが，頭足類の内臓脂質に於いては始めてゝある。これら低級モノエチレン酸が存在することは高尾ら[3]が同一綱に属するスルメイカの内臓油にn-オクテン酸を認めているので恐らく間違いないと考えられるが，これらは肝臓の脂質代謝生産物であるか，又は高度不飽和酸の分溜中に分解された二次的なものであるかは不明である。

総　　括

ミズタコ肝臓アセトン可溶性脂肪物質の低級飽和脂肪酸としてカプリル酸，カプリン酸，ラウリン酸を認め，不飽和脂肪酸としては3-デセン酸，4-ドデセン酸（リンデル酸），5-テトラデセン酸（抹香酸）の存在を認めた。3 デセン酸は天然物中より分離した例はなく，又リンデル酸も水産動物油脂より分離した例は未だない，同様に抹香酸も下等動物の頭足類油脂より分離した例もない。

本実験に当り終始御懇篤なる御指導を賜つた恩師五十嵐久尚教授，座間宏一助教授に深く感謝すると共に実験に御便宜を下さつた片田宗男，野田俊夫両氏に厚く感謝いたします。

文　　献

1) 小幡弥太郎・俣野景典（1953）．油脂化協 2，112．
2) 足立明己・平尾子之吉（1956）．油化学 5，58．
3) 高尾正保・富山新一（1954）．農化 28，335．
4) 松本太郎・曾根博・新谷勛（1956）．油化学 5，58．
5) 羽田野六男（1958）．北大水産彙報 9，207．
6) Inoue, Y. & Noda, M. (1955). *Bull. Agr. Chem. Soc. Japan.* 19, 214.

水産動物筋肉の酵素化学的研究

第1報　鯉筋肉アルドラーゼの性質について

柴　田　　猛

（北海道大学水産学部水産生物化学教室）

Enzymatic Studies on the Muscle of Aquatic Animals

1. On the properties of carp muscle aldolase

Takeshi SHIBATA

Abstract

An aldolase has been isolated from carp muscle and partially purified. Its properties and kinetics have been studied. The results may be summarized as follows:

(1) The enzyme preparation was either fractionated with ammonium sulfate between the concentrations of 1.75 M and 2.4 M, or precipitated with acetone between 40 and 45 per cent from muscle extract; both were lyophilized.

(2) The optimum pH was approximately between 8.2 and 8.5 in 0.05 M Tris buffer, 9.4 in 0.05 M glycine buffer, and 8.4-8.6 in 0.05 M borate buffer.

(3) The optimum temperature was found to be 45°C. for a period of incubation of 15 min.

(4) No bivalent metal ion effects have been detected, but some heavy metals, especially Ag, Hg and Cu salts, inhibited strongly the enzyme in final concentrations of 10^{-4} M.

(5) Michaelis constant for fructose diphosphate has been determined as about 0.45×10^{-3} mole per liter at 30°C. in Tris buffer of pH 8.3.

(6) Arrhenius activation energy was about -11,000 calories per mole in Tris buffer at pH 8.3.

(7) From the above-mentioned, it was concluded that the properties of the carp muscle aldolase, except the unstability of its activity, would be similar to those of rabbit muscle aldolase.

緒　　言

アルドラーゼは Merhof and Lohmann[1] によつてはじめてチモヘキサーゼ（Zymohexase）と名ずけられたが，彼等の詳細な研究の結果三炭糖燐酸イソメラーゼを含むこと[2]，ディオキシアセトン燐酸と色々のアルデヒドとのアルドール縮合を触媒することより更にアルドラーゼと称した[3]。その後 Herbert *et al.*[4] によつてイソメラーゼが除かれ，Warburg and Christian[5] によつて鼠筋肉より最初の結晶化に成功し続いてTaylor *et al.*[6] は兎筋肉から簡単な方法で，又 Beisenherz *et al.*[7] は巧妙な方法で結晶化した。Wolf and Leuthardt[8] によつてもアルドラーゼの結晶形の生成条件について論議された。

Engelhardt[9] が Baranowski のミオゲンA[10] の結晶にアルドラーゼ活性が含まれること報告してから，ミオゲンAとアルドラーゼの一致が論議されたが，Baranowski[11] 自身もこの問題に触れ，ミオゲンAのアルドラーゼ活性が Warburg and Christian[5] の活性より劣ることからミオゲンAの不均一性及アルドラーゼと一致しないことを認めたが，蛋白酵素の二元性の性質が，他の蛋白の混在によるものか否かに興味ある問題を提出している。

その他に筋肉腫瘍[12]，肝臓，酵母，微生物[13] 等にも含まれ，特に酵母より水銀塩[14] として結晶化され，詳細は不明だが肝臓よりも結晶化されている[15]。肝臓アルドラーゼは筋肉アルドラーゼと基質の特異性につい

て異なつている[16]。血液にも存在し[17]炭水化物の代謝の側枝路として解糖作用以外に五炭糖の代謝，C_2化合物の縮合にも重要な役目をもつていると思はれる。水産動物筋肉のアルドラーゼについては未だ記載されていない。こゝで比較生化学的な立場から，アルドラーゼの性質について研究した。

実　験

試料は市販の養殖鯉（体長20～30cm.）を用いた。基質のフラクトーズ二燐酸（FDP）はビール酵母を醗酵させてバリウム塩として調製した[18]。尚醗酵に無機燐酸許りでなく少量の FDP を添加することにより無添加の4～5倍の収量を得ることが出来る。純度は0.2Nアルカリ分解燐を基準[19]として70%となる。本実験はそのまゝ使用した。酵素活性は Taylor *et al.*[6] 法に従い青酸加里を trapping agent に用い，燐酸は Fiske and Subbarow 法[20]にて測定する。硫安濃度は Nessler の試薬を用いて測定し，加えるべき硫安の量を Beisenherz *et al.*[7] の式を用いて計算する。蛋白濃度は Kjeldahl 法を用ふ。酵素単位は30°Cで1分間当りに1mgのアルカリ分解燐（トリオーズ燐酸に相当する）を turnover する酵素量を1単位とする。Meyerhof and Beck[21] は38°での単位を提出しているが，こゝでは30°の値で補正していない。比活性度は蛋白1mg当りの単位を示す。

結　果

硫安分別―― Beisenherz *et al.*[7] 法に従つて分別を行つた。即ち養殖生鯉を断頭採肉し氷冷した肉挽機で細砕し1.5倍量の氷水を加え2～3°Cにて30分攪拌抽出する。布で濾過し残渣を同容の氷水を加え再び30分攪拌再抽出する。両抽出液を合しこれに直ちに硫安を添加し1.75モルの濃度にする。この際低温下でゆつくり時間をかけて少しづつ加えて攪拌する。これを 8,100×g で遠心するか，又は一夜氷室に放置し翌朝セライトの濾過助剤を加えて吸引濾過すると透明な上澄液が得られる。表層に浮んでいる脂肪層を予め取除いておく。抽出には blender で5分以上抽出するとよいと報告されているが[22]，鯉の場合2分以上かけると脂肪のために布濾過が困難になり遠心しても透明にならず，濾過速度を遅くする。むしろ blender を用いるより攪拌再抽出した方が収量よく活性が得られる。この上澄液（pH 6.8）を更に 0°C 附近に冷却し，乳鉢でよく砕いた硫安を2.4モルになるまで少量ずつゆつくり攪拌しながら添加する。硫安は溶液100cc当り10.7gを必要とする。添加後30分攪拌を続ける。この沈澱を遠心するか，濾過によつて集め少量の水にとかし，硫安濃度を測定しながら硫安を加えて1.85モルにする。生じた沈澱を遠心して棄て，上澄液に再び2.4モルになる様に硫安を加えて再沈澱の操作を行う。このときの活性度と蛋白の分布の状態の一例が第一表に示めされる。

鯉の場合結晶化に成功しなかつたが，硫安区分の再沈澱によつて急激の比活性度の増加はみられない。三回の再沈澱で比活性度は0.52にしかならない。著者の行つた兎の場合では，この比活性度で容易に結晶化する。鯉の場合，この蛋白濃度で硫安を徐々に氷冷した酵素溶液に添加していくと1.9モル附近から美しい絹糸状の光沢がみられる。しかし顕微鏡下ではその形を観察出来なかつた。硫安濃度を増加しても，兎アルドラーゼの結晶を接種したりpHを6.1より7.5にしても結晶形の生長はみられなかつた。而も氷室に於ても一週間以上になると，変性した茶褐色のにごりを増し活性も失はれるが，絹糸状の光沢は消えない。恐らく硫安濃度から考えて Henrotte のミオゲン[23]ではないかと思う。

硫安区分の活性保持のために一夜青酸加里を含んだ蒸溜水（pH 7.0 に中和）に透析して凍結乾燥物とした。凍結によつて活性は減少しないが，蛋白含量は80%で4週間後には室温で31%の活性の減少がみられ，3月後では45%となり，水の不溶解物が増加してくる。又水に溶解した液は室温で2～3時間で白濁し，氷室では一夜放置しても白濁せず，又 EDTA 溶液では白濁しない。しかし活性は白濁するまでは失なわれない。1%ゼラチン溶液ではやゝ活性を安定化させる。水に対する透析によつても活性を失い，三日目で57.5%，五日目では殆んど失活する。

Table 1. Partial purification of carp muscle aldolase

Step	Amount	Enzyme activity		Protein content		Specific activity	Yield	
		per cc	total	per cc	total		activity	protein
	cc	unit	unit	mg	mg	unit/mg	%	%
Crude extract	950	0.58	551	10.9	10355	0.053	—	—
$(NH_4)_2SO_4$ fraction, 1.75 M supernatant	1036	0.48	496	6.7	6941	0.071	90	67
$(NH_4)_2SO_4$ fraction, 1.75–2.4 M	18	18.4	330	79.1	1424	0.233	60	13.8
$(NH_4)_2SO_4$ fraction, 2.4 M supernatant	1065	0.03	30	5.1	5432	0.005	5.5	53
Umprecipitation, 1.75–2.4 M	11.4	26.3	303	68.9	785	0.386	55	7.6

Extracted from 350 g carp muscle (1.6 unit/g wet weight of tissue)
Enzyme activity was estimated by Taylor *et al.*[6]
Unit : 1 mg triose-phosphate-P/ cc/min at 30°

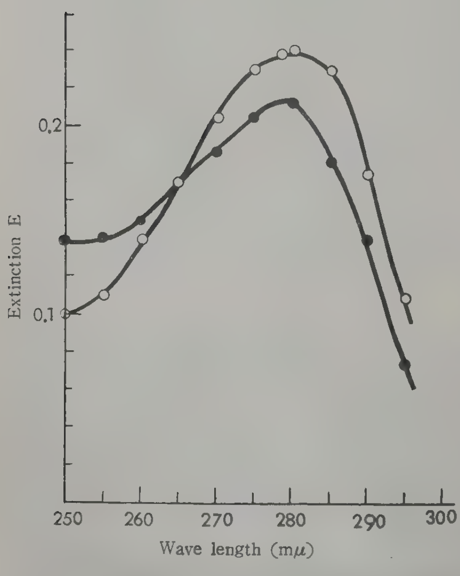


Fig. 1. Ultraviolet absorption spectra of the enzyme preparation
Each 0.18 mg protein (based on the determination of Kjeldahl-N.) per cc of redistilled water; cell path, 1 cm —●— lyophilized acetone fraction; —○— lyophilized ammonium sulfate fraction.

アセトン分別——脂質物を除去する目的でアセトン分別を Warburg and Christian 法[5]によつて行つた。硫安分別法と同様にして得た水抽出液を0°Cに氷冷し，これにドライアイスと氷で −10°Cに冷却した精製アセトンを容量パーセントとして40%になる様に少量ずつ添加する。溶液の温度を0°C以上にならない様にする。これを 625 × g にて素早く遠心し，上澄液をもう一度0°C附近に冷却し，更に冷精製アセトンを加えて45%にする。遠心によつて沈澱を集め，少量の水に溶解し，不溶物の存在するまま⅙量のクロロホルムを加えて低温にて2時間振盪する。不溶物及沈澱を遠心によつて除去し，黄色の透明液を直ちに凍結乾燥する。アセトンと長く接触させてはいけない。

この凍結乾燥物の比活性度は硫安凍結物に比較して⅔に低下しているが，水に溶解すれば不溶物がなく殆どが蛋白で，30°C の incubation にても白濁せず，活性も安定である。これらの二つの凍結乾燥物の比較のために紫外部の吸収スペクトルが第1図に示めされる。

図にみる如く 280mμの吸収はアセトン区分の方が低いが，250mμ附近は逆に高くなつて

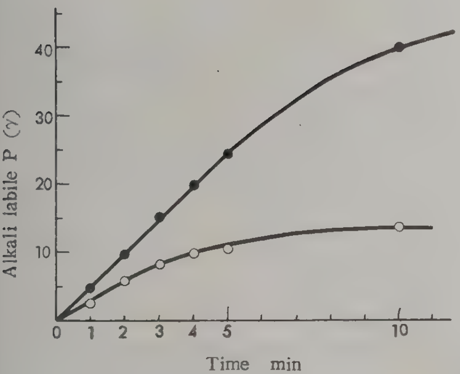


Fig 2.　Time course of carp muscle aldolase activity in assay

The reaction mixture contained, in moles per 0.2 cc, fructose diphosphate 5× 10⁻³ M, Tris buffer 5×10⁻² M, pH 7.2, KCN 5×10⁻² M or in the place of KCN, monojodacetic acid 1.8×10⁻³ M, 32 γ of enzyme preparation (specific activity: 0.263). Temp. 30°C. —●— KCN; —○— monojodacetic acid

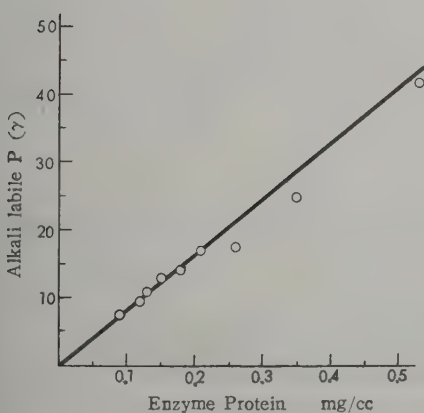


Fig. 3.　Linearity of response with enzyme concentration

All reaction mixture contained 1 cc 0.1 M fructose diphosphate, 1 cc 0.2 M boratc buffer pH 7.3, 1 cc 0.25 M KCN, and varying amounts of enzyme solution (specific activity: 0.18), in a final volume 5 cc. After 3 min reaction at 38°, aliquots were estimated for alkali labile p.

いる。吸光度よりみると兎の蛋白と吸光度の関係1:0.91[6]に比較して硫安区分は1:0.75，アセトン区は1:0.85 となり，未だ不純蛋白を含んでいるか，又は280mμの吸収を示すアミノ酸の含量が低いことを示す。又アセトン区分が硫安区分よりも280mμの吸収を示す不純物が少いといはれるかも知れない。しかし，核物質様の不純物が含まれているかも知れない。

時間による反応速度——至適な反応時間を見出す意味で試みた。青酸カリを含んだ硫安凍結乾燥品を酵素として基質と10分間preincubation して，反応を行はしめたのが第2図に示めされる。

青酸カリを trapping agent とした時は，活性と時間との関係は5分間は直線的となり，イソメラーゼ阻害を目的としたモノ沃度酢酸は3分まで直線となるがすぐに平衡に達し，活性度も低いので，青酸カリと5分反応を用いることにした。

酸素濃度による反応速度——酵素活性を比較するときに稀釈度が影響するのでそれを確めるために行つた。結果は第三図に示めされる。25γ の燐が遊離するまでは活性と酵素濃度は比例する。活性度が 10～25γ の燐が遊離される様になるまで酵素液を稀釈して，それに稀釈倍数を乗じて活性度を比較した。

温度による反応速度——硫安凍結乾燥物を用いて温度に対する影響をみたのが第4図である。所謂至適温度は図より 45°C 附近にみられる。Herbert *et al.*[4] による兎アルドラーゼの場合は10%硫安濃度で 60°以上でも活性を有し Sibley *et al.*[24] も彼自身の測定法で60°以上に至適温度があると報告している。しかし Dounce *et al.*[25] は測定法が異なるが pH 7.2 で 30～35°C の間にあると報告している。又緩衝液の種類によつても異なり，兎でもコリジン緩衝液では pH 7.2 で30°C と報告されている[26]。incubation が30分以上になるときは酵素の安定性のために 25°C で測定することが望ましいという事も述べられている。鯉について緩衝液の種類，pH との関係

については確めていない。

著者の測定温度は Taylor *et al.*[6] に従つて30° を採用しているので，他の文献と比較するためには補正しなければならない。第4図より1.4倍すればよい。Herbert *et al.*[4] によると Q_{10} は 30〜50° の間で2，Dounce *et al.*[25] による Q_{10} は2.8 (20〜38°) である。著者の場合は18°より38°で$Q_{10}=2.2$になる。兎にくらべてやゝ小さい温度係数をもつている。しかし30°以下では$Q_{10}=3$近くにある。Herbert *et al.* の結果からみて 30° より 40° のQ_{10}が1.2であること，最大の活性を示めした 45° でも白濁を生じたことより考え，鯉アルドラーゼは熱に対する抵抗は兎の場合よりも少し劣る様である。

pH による反応速度—— 硫安分別凍結乾燥製品を用いた結果が第5図a) b) c) に示めされる。緩衝液によつて至適 pH が異なりトリス緩衝液では8.3〜8.5に，グリシン及硼砂—苛性ソーダ緩衝液では 9.4 に存在する。クエ

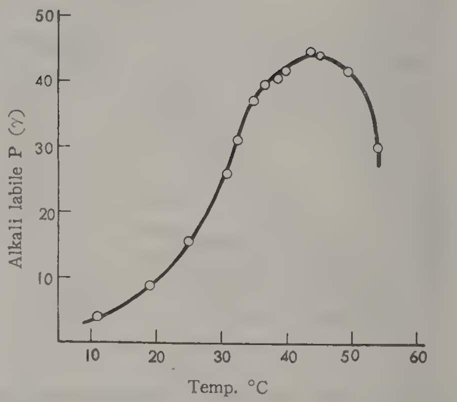


Fig. 4. Effect of temperature on the reaction velocity
The final concentrations of reagents employed were: fructose diphosphate 5×10^{-3} M; Tris buffer 5×10^{-2} M, pH 7.3; KCN 5×10^{-2} M; 50 γ of enzyme preparation (specific activity: 0.165). The total volume was 0.2 cc, incubation time 5 min.

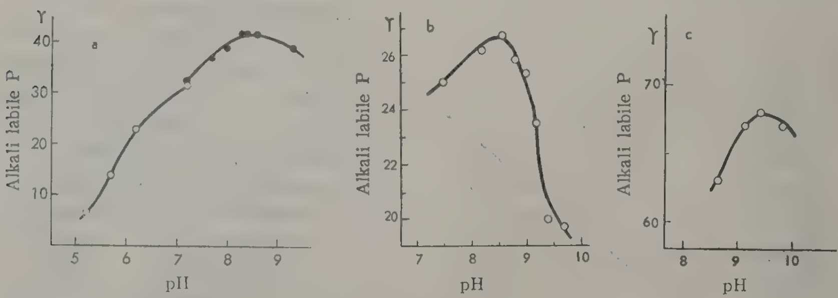


Fig. 5. Effect of pH on the reaction velocity
The final concentrations of reagents employed were: fructose diphosphte 5×10^{-3} M, KCN neutralized to each pH, 5×10^{-2}M; 42 γ of enzyme preparation (specific activity : 0.165) the total volume 0.2 cc. Temp. 30°, incubation 5 min. a) -○- citrate buffer 5×10^{-2} M. -●- Tris buffer 5×10^{-2} M. b) boric acid -KCl -NaOH buffer, 5×10^{-2} M. c) glycine buffer 5×10^{-2} M.

ン酸緩衝液では至適 pH はなかつた。同じ硼酸緩衝液で硼酸・塩化カリ・苛性ソーダ系では pH8.4〜8.6に存在する。pH 5.2 以下では完全に失活し白濁を生ずる。モノ沃度酢酸だけであると pH8.0以上で活性を低下し至適は 7.2〜3 の附近にみられる。Bruns[17] と Amano[27] は硼酸塩の活性の阻害を報じ，硼素と基質のOH 群との complex を想像している。測定法が異なり，trapping にヒドラジンを用いているので，青酸とヒドラジンの違いによるかも知れない。Dounce *et al.*[25] は同じトリス緩衝液でも7.2に至適pH があることを

報じている。コリジン緩衝液でもpH7.2で，燐酸緩衝液中で光学的測定に於ても7.5附近にあるので，測定法緩衝液によつて差が出ると思われる。

活性剤及阻害剤――兎アルドラーゼは二価の金属イオンを活性化に必要としないが，酵母アルドラーゼは Mn^{++}, Co^{++}, Zn^{++} Fe^{++} 等の二価の金属イオンを活性化に必要とする。鯉アルドラーゼについてはどうかみたのが第2表である。試料は硫安凍結乾燥製品を用いた。Mg^{++}, Zn^{++} は 10^{-3}M まで効果がないが，10^{-2}Mではむしろ阻害作用をもつ。EDTA 溶液は長時間に亙つて活性の変化がなく，当量の Mg^{++} Zn^{++} を添加しても活性に効果がないので，鯉アルドラーゼは恐らく金属酵素ではないのだらう。EDTA溶液が水溶液よりも活性が保持されるのは重金属の汚染を防いでいるかも知れない。Hg^{++} Ag^{++} Cu^{++}の重金属は何れも阻害作用をもち Hg^{++} が効果が大きい。青酸カリが存在すると阻害度が弱められる。阻害の程度は兎の場合と同程度である。又鯉肉アルドラーゼはシスティンによつても阻害され5×10^{-3}M pH8.6で8.5%の阻害される。活性に重金属と結合する基が必要であり，*p*-*CMBA* によつても阻害されるので鯉の場合にも SH 基が存在すると考えられる。Benesch *et al.*[28] は兎アルドラーゼに 29個含まれると報告されているが，システィンの阻害及 Swenson *et al.*[29] の尿素変性の報告より *SH* 群は活性には二次的な条件と考えられる。

Table 2.　Effect of metal ions on carp muscle aldolase

Metal ion	Final concentration M	Inhibition without KCN	Inhibition with KCN
Hg^{++}	10^{-4}	54%	32%
	10^{-3}	100	42
Ag^{++}	0.7×10^{-4}	5	1
	0.7×10^{-3}	85	9
Cu^{++}	0.5×10^{-4}	0	0
	0.5×10^{-3}	0	0
	0.5×10^{-2}	80	37
Mg^{++}	10^{-3}	—	0
	10^{-2}	—	14
Zn^{++}	10^{-3}	—	0
	10^{-2}	—	30

The reaction mixture contained: fructose diphosphate 5×10^{-3} M; Tris buffer pH 7.2, 5×10^{-2} M; 31γ of enzyme preparation (specific activity: 0.263); each concentrations of the inhibitors described above were added, in a final volume 0.2 cc, Temp. 30°C, incubation time 5 min. The inhibitors were mercury acetate, silver nitrate, copper sulfate, zinc and magnesium sulfate. In all the experiments enzyme solution was preincubated with the various substances for 10 min at 30°C.

Michaelis 恒数――適当な基質濃度と酵素の単一性を知るための基礎としてこの実験を行つた。試料は硫安分別凍結乾燥製品を用いた。Lineweaver-Burk の式を用いて図示すれば第6図の如くになる。両端を除いて略々直線となる。pH によつて K_m が変動し，pH 7.5～8.6 までは 0.45×10^{-3}M となり pH9.0以上では 1.0～1.45×10^{-3}M となる。アルカリ性になるに従つて高くなつてくる。即ちアルカリ性になる程，活性に多く基質を必要とする。又アルドラーゼは塩基性のグループが多いと言はれているが[30]解離基がアルカリ性ではおさえられて，基質との結合を困難にするためと考えられる。兎でも測定法によつて K_m の値は変動するが[8]，order は一致する。光学的に測定した場合の K_m は 10^{-5}M の order で，生体内では可成りの速度で反応しているものと考えられる。

活性化熱―純度の検定の手段として Arrhenius の式を用いて活性化熱を測定した。試料はアセトン凍結乾燥製品を用いた。結果は第7図に示めされる。酵素濃度を変えてみても勾配は同じになる。20～30° ではよく直線にのるが30°以上では折り曲がりをみせる。pH によつて活性化熱も異なり，pH8.3でE＝－10,850±387カロリー pH9.0では－15,140±340 カロリーとなり，pH9.0では活性化するためには更に大きなエネル

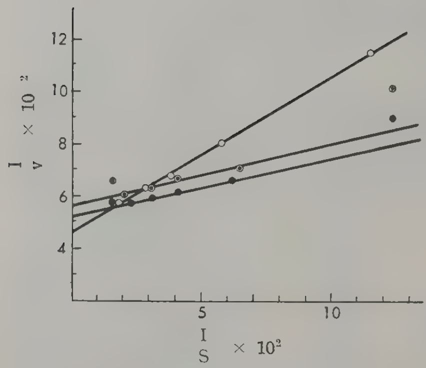


Fig. 6. Effect of varying substrate concentration on the reaction velocity

The final concentrations of reagents employed were: boric acid-KCl-NaOH buffer, 5×10^{-2} M; KCN neutralized to each pH, 5×10^{-2} M, and varying amounts of fructose diphosphate; 42 γ of enzyme preparation (specific activity :0.165); total volume 0.2 cc. Temp. 30°, incubation 5 min.
-⦿- pH 7.5; -●- pH 8.6; -○- pH 9.2,
$K_m=0.45\times10^{-3}$ M/L. (pH 7.5, pH 8.6);
$K_m=1.36\times10^{-3}$ M/L. (pH 9.2).

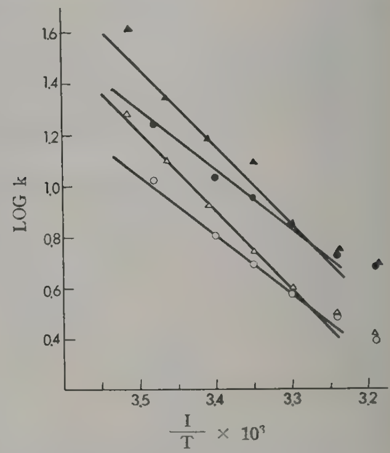


Fig. 7. Effect of varying enzyme concentration and pH on the initial velocity against the inverse of the absolute temperature.

The final concentrations of reagents employed were: fructose diphosphate 5×10^{-3} M; Tris buffer 5×10^{-2} M, pH 8.3, or glycine buffer, pH 9.0, 5×10^{-2} M; KCN neutralized to each pH, 5×10^{-2} M; 41 or 77 γ of enzyme preparation (specific activity 0,100); a final volume 0.2 cc. Temp. 30°, incubation time 5 min.
-○- pH 8.3, 77γ enzyme preparation; -●- pH 8.3, 41γ enzyme preparation; -△- pH 9.0, 77γ enzyme; -▲- pH 9.0, 41γ enzyme.
E = − 10,850 ± 387 cal./mole at pH 8.3,
E = − 15,140 ± 340 cal./mole at pH 9.0,

ギーを必要とすることになる。しかし30°以以上では pH に無関係な様で，pH 8.3 では -7,900±430 カロリー，pH 9.0では -7,830±849 カロリーで殆ど一致した値になる。基質濃度によつても活性化熱が変化するが，Herbert らの値は約13,000 カロリーになつている。この温度による異常性は酵素製品の不純によるものか否かは尚研究中である。イソメラーゼの存在はEの値に関係がないと Herbert が言つている。

考　　察

水産動物，特に魚類の酵素活性は哺乳類に比較して何れも低い。アルドラーゼ活性についてもこの例に洩れない。著者によつて調製された兎結晶アルドラーゼの場合筋肉1g当り3.9単位で鯉の場合は0.6~2.1単位である。Meyerhof の表[50]との比較のために38°に補正すると，兎は5.5，鯉では平均2.1単位になり，活性度は半分である。これらの酵素活性が低いのは，酵素濃度が低いか，又は，ある程度精製された酵素製品が結晶アルドラーゼと諸性質が類似することから，精製するまでの過程に於いて活性を妨害や阻害する不純物のためと考えられる。分子量やアミノ酸分析を測定していないが，アミノ酸の数，配列や立体構造が酵素の活性や安定化に影響するならば，生体内では，兎の場合といくらか異なつた機構で作用すると考えられ

る。この低い活性が鯉本来のものならば，turnover が低く，分子量アミノ酸の含量順序にも影響してくると思はれる。

硫安区分とアセトン区分とは諸性質は略々一致するが，酵素の持続性については性質が異なり，アセトン区分は比活性度は低いが，透析，incubation に対して安定性がある。この原因は混在する不純蛋白によるものと思はれる。電気泳動法ではアセトン区分は pH8.2 のベロナール，及び pH7.2 の燐酸緩衝液では2つのピークにわかれる。硫安区分はなだらかなピークが続き成分が判然としない泳動図が得られる。又吸収スペクトルからも硫安区分には不純蛋白が混在していると思はれる。アセトンによつて可溶な蛋白類がとり除かれたためと考えられる。アルドラーゼはこのアセトン可溶物質と結合した状態で存在するのではないかと想像され，incubation 中にこの変質し易い物質が沈澱するときにアルドラーゼも一緒に共沈する。しかしアセトンはアルドラーゼに対して変性をおこさせ，アセトンとの接触が長ければ，変性が大きく，氷中一夜で完全に失活する。硫安の存在がアセトンの変性を促進する。

Michaelis 恒数，活性化熱のpHによる変化が観察されたが，酵素活性がアミノ酸の遊離基によると考えると，その遊離基の解離の条件によつて活性が変化するから，当然 pH との相関関係があつてもよいわけである。勿論緩衝液の濃度，種類によつて変るが，Dixon[31] の解離基の状態と pH との理論があてはめ得るかも知れない。 pH が中性附近で反応し易いと言ふことは酵素蛋白の両性電解質の特性をもつともよくあらわしている。光学的活性と化学的活性の相違はこゝに原因があるかも知れない。化学的測定法が条件の悪るい所で測定しているのは trapping agent の青酸カリやヒドラジンの影響がもつとも強く表はれているためと思われる。

要　　　約

鯉筋肉のアルドラーゼを硫安分別，アセトン分別にて調製し，これらの凍結乾燥品について二三の性質について調べた。即ちアルドラーゼは兎と同一濃度の硫安区分とアセトン区分に存在し，至適温度は 45°C で，至適 pH は緩衝液によつて異なり，トリス緩衝液では pH8.3〜8.5 グリシン緩衝液では 9.4，硼酸・塩化カリ・苛性ソーダ緩衝液では8.4〜8.6に存在する。二価の金属には影響されず，却つて重金属によつて強く阻害され Hg^{++} が最も効果があつた。Michaelis恒数は pH によつて変化し pH8.6までは$K_m=0.45\times10^{-3}$ M/L. pH9.2では 1.36×10^{-3} M/L. となる。活性化熱は pH 8.3で-10,850±387 cal./mole, pH9.0では-15, 140±340 cal./mole である。何れもの諸性質は兎の結晶アルドラーゼと類似する。

この研究にあたり，種々の御指導と酵母の入手に御尽力を下された本学部吉村克二教授に深く感謝いたします。又研究に要した経費の一部は文部省科学研究費より支出した。附記して謝意を表します。

文　　　献

1) Meyerhof, O. & Lohmann, L. (1934). *Biochem. Z.* 271, 89.
2) ―――――― & Kiessling, W. (1935). *Ibid.* 279, 40.
3) ――――――, Lohmann, K. & Schuster (1936). *Ibid.* 286, 301-319.
4) Herbert, D., Gordon, H., Subramanyan, V. & Green, D. E. (1940). *Biochem. J.* 34, 1108.
5) Warburg, O. & Christian, W. (1943). *Biochem. Z.* 314, 149.
6) Taylor, J.F., Green, A. A. & Cori, G. T. (1948). *J. Biol. Chem.* 173, 591.
7) Beisenherz, G., Boltze, H. J., Bücher, Th., Czok, R., Garbade K. H., Meyer-Arendt, E. & Pfleiderer, G. (1953). *Z. Naturforsch.* 8b, 555.
8) Wolf, H. P. & Leuthardt (1957). *Helv. Chim. Acta.* 40, 237.
9) Engelhardt, W. A. (1943), Taylor *et al.* (1948). *J. Biol. Chem.* 173, 591.

10) Baranowski, T. (1939). *Z. physiol. Chem.* 260, 43.
11) ―――――― & Niederland, T. R. (1949). *J. Biol. Chem.* 180, 543.
12) Meyenhof, O. & Wilson, T. R. (1949). *Arch. Biochem.* 21, 1,22.
13) Jagannathan, V., Singh, K. & Damodavan, M. (1956). *Biochem. J.* 63, 94.
14) Warburg, O. & Karfied, G. (1954). *Z. Naturforsch.* 9b, 206.
15) Peanasky, R. J. (1957). *Chem. Abst.* 51, 13974b.
16) Leuthardt, F., Testa, E., & Wolf, H. P. (1953). *Helv. Chim. Acta.* 36, 227.
17) Bruns, F. (1954). *Biochem. Z.* 325, 156, 429.
18) 大村京生 (1953). 標準生化学実験. 573p. 東京; 文光堂.
19) Kiessling, W. (1938). *Biochem. Z.* 298, 421.
20) Fiske, C. H. & Subbarow, Y. (1925). *J. Biol. Chem.* 66, 375.
21) Meyenhof, O. & Beck, L. V. (1944). *Ibid.* 156, 109.
22) Andrews, M. M., Barbara, Tait Guthneck, Mc Bride B. H. & Schweigert, B. S. (1952). *Ibid.* 194, 715.
23) Henrotte. J. G. (1952). *Nature.* 169, 968.
24) Sibley. J. A. & Lehninger, A. L. (1949). *J. Biol. Chem.* 177, 859.
25) Dounce, A. L. & Beyer, G. T. (1948). *Ibid.* 173, 159.
26) ――――――, Barnett, S. R. & Beyer G. T. (1950). *Ibid.* 185, 769.
27) Amano, H. (1955). *Chem. Abst.* 50, 10838C.
28) Benesch, R. E., Lardy H. A., & Benesch, R. (1955). *J. Biol. Chem.* 216, 663.
29) Swenson, A. D. & Boyer, P. D. (1957). *J. Am. Chem. Soc.* 79, 2174.
30) Stumpf, pk. (1954). *Chemical Pathways of Metabolism.* vol. 1. 82p. New York; Academic Press, Inc.
31) Meyerhof, O. (1951). *The Enzymes: chemistry and mechanism of action.* vol. 2. 195p. New. York; Academic Press. Inc.
32) Dixon, M. (1953). *Biochem. J.* 55, 170.

STUDIES ON THE MUSCLE MEAT OF *PARALITHODES CAMTSCHATICA* (TIL.)-(I)

Eiichi TANIKAWA, Tetsuro WAKASA and Yoshio NAGASAWA
Faculty of Fisheries, Hokkaido University

In Japan, the Alaska king crab (*Paralithodes camtschatica TIL.*) is packed in Okhotsk Sea and Bering Sea waters. The crab industry in Japan is an industry of economic importance.

In the processing of the canned crab, there have been many troubles. Among them, difficult problems, such as "The formation of struvites[1)]", "The browning of the canned crab meat[2)]", and "The blue meat in the canned crab[3)]" have been recently solved respectively. However, "The changes of crab meat by freezing in winter[4)]" has not been solved. To reach a solution of problem, the muscle meat of the crab must be studied histologically and chemically.

The chemical composition of the canned crab was studied by many investigators[5)], but few fundamental studies concerning the properties of the raw crab meat have been reported.

The present authors have undertaken composite fundamental studies on the muscle meat of *Paralithodes camtschatica*, and they will offer in this paper the results obtained.

Before going further the authors wish to acknowledge with the thanks the assistance rendered in this investigation through a grant in aid for developmental scientific research from the Ministry of Education.

I. CHEMICAL COMPOSITION OF CRAB MEAT (*PARALITHODES CAMTSCHATICA*)

As raw material for the canned crab, soft-shell crab (mainly in spring) and hard-shell crab (hard crab) (in autumn) are used.

Seasonal changes in the chemical composition of the parts of shoulder and leg flesh of both sorts of crab were studied.

(1) Experimental method

Shoulder and leg flesh were respectively taken from soft-shell crab which was caught in spring and hard crab caught in autumn. Those materials were crushed and the chemical composition was estimated as usual.

(2) Experimental results and consideration

The results obtained are shown in Table 1.

As seen in Table 1, generally speaking, the amount of water-content of *Paralithodes camtschatica* is 80∼82%, crude protein (Total N$\times$6.25) is 14∼17%, pure protein is 8∼11%, crude fat is 0.2∼0.4%, and the ash is 1∼2%. Comparing those compositions with fish flesh, there is no difference in the amounts of crude protein and ash between

Table 1. Seasonal and partial change of proximate components of *Paralithodes camtschatica* flesh

Parts / Season / Components	Leg flesh				Shoulder flesh			
	Soft-shell Crab (Spring)		Hard Crab (Autumn)		Soft-shell Crab (Spring)		Hard Crab (Autumn)	
	in raw flesh (%)	in dried matter (%)	in raw flesh (%)	in dried matter (%)	in raw flesh (%)	in dried matter (%)	in raw flesh (%)	in dried matter (%)
Water-content	82.19	0.0	80.84	0.0	82.82	0.0	80.07	0.0
Crude protein (Total-N×6.25)	14.75	82.7	16.96	88.5	14.56	84.7	17.03	85.3
Pure protein	11.13	62.6	10.31	53.8	9.56	55.6	8.50	42.6
Crude fat	0.41	2.3	0.33	1.7	0.23	1.3	0.17	0.9
Ash	1.33	7.5	1.40	7.3	1.32	7.7	1.56	7.8

crab and fish flesh, but the water-content of the crab flesh is larger than that of fish; contrarily the amount of crude fat of the former is less than that of the latter.

Okamoto[6] has estimated the chemical composition of commercial canned crab (*Paralithodes camtschatica*), and compared it with that of the meat of usual meat creatures, poultry and fish. According to his observations, the amount of water-content of the crab meat was larger than that of the others, and contrarily the amount of crude fat was less than in the others meats.

As seen in Table 1, the amounts of water-content and the crude fat of soft-shell crab flesh are considerably larger than those of the hard crab, but contrarily the amounts of crude protein and ash of the former are less than those of the latter. Therefore, the amount of non-protein nitrogen (extractive nitrogen) of the hard crab is larger than that of the soft-shell crab. In fact, the hard crab flesh has good taste while the soft-shell crab is watery and insufficiently palatable.

Shimoda[7] has observed that the chemical composition of crab flesh, particularly in crude fat and ash is changed remarkably by peeling, and at the peeling time the amount of ash becomes the least. Shimoda's result agrees with the present author's observation.

As for the differences of the parts of crab body, there is no remarkable difference in the amounts of water-content, crude protein and ash between the leg and the shoulder flesh, but the amounts of pure protein and crude fat of the leg flesh are larger than those of the shoulder flesh, therefore the amount of non-protein nitrogen of the former is considered to be smaller than that of the latter.

Kondo *et al.*[8] and Okuda[9] *et al.* have studied the nitrogen distribution of the muscle meat of *Paralithodes camtschatica* and amino acids composition of the meat protein. Matsui[10] has studied the differences of chemical composition of crab meat and mineral

matter between male and female.

The present authors did not re-examine those results, but according to the results obtained as above stated, the following conclusions may be stated. (1) *Praralithodes camtschatica* flesh is more rich in the amounts of hot water-soluble protein nitrogen and non-protein nitrogen and amino acids, such as lysine, arginine, cystine, than the fish flesh. (2) Male crab flesh is lower in the amounts of water-content, mineral matters (particularly, iron and sulfur), non-albumin nitrogen and free amino acids than the female crab flesh. (3) Crab flesh contains a larger amount of calcium than fish flesh. This may have intimate relation with the formation of the crust of the crab.

II. HISTOLOGICAL OBSERVATION OF *PARALITHODES CAMTSCHATICA* FLESH

(1) Experimental method

Leg flesh of fresh *Paralithodes camtschatica* was histologically observed. Leg flesh with crust was cut in lengths of 1 *cm* at a cannery. Several pieces of the cut leg flesh were soaked in Bouin's solution in a bottle, and the bottle was brought to the laboratory. The leg meat fixed with Bouin's solution was removed from the crust. The removed meat was dehydrated by alcohol as usual, and finally imbedded with paraffin. Thus treated meat was sliced in 10 μ thin pieces by a microtome. Each slice was dyed by Delafields' haematoxyline staining method and imbedded in balsam to make a permanent preparate. As contrast, *suketo*-cod (Alaska pollack) (*Theragra chalcogramma PALLAS*) flesh was treated in the same way as the crab flesh[11].

(2) Experimental results

Observing preparates of crab and *suketo*-cod made as above stated under a microscope, the writers obtained photographs as shown in Figs. 1 and 2. Both photographs show the longitudinal section in relation to the direction of muscular fibre. The histological difference between the crab and the fish is observed by the illustrating diagrams as shown in Figs. 3



Fig. 1. Microphotograph of the leg flesh tissue of *Paralithodes camtschatica* (×70)

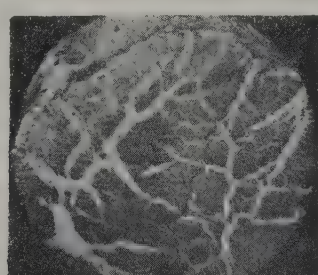


Fig. 2. Microphotograph of the flesh tissue of *Theragra chalcogramma* (×70)

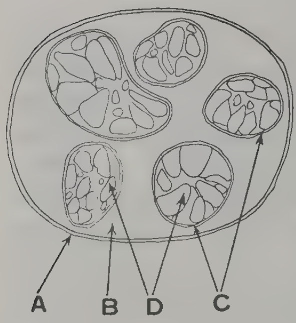


Fig. 3. Illustrating diagram of the leg flesh tissue of *Paralithodes camtschatica*

A: Surface skin part (epithelial tissue)
B: Interstice in inside of A (gelatinous tissue)
C: Blocks of muscular fibre bundles
D: Muscular fibre bundles

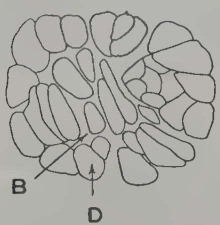


Fig. 4. Illustrating diagram of the flesh tissue of *Theragra chalcogramma*

B: Interstice among each muscular fibre bundles (gelatinous tissue)
D: Muscular fibre bundles

and 4.

In Figs. 1 and 2, the part of muscular fibre is observed to have dyed to pink brown color, and the parts of nucleus of muscular fibre, of nucleus of gelatinous fibre and of the wandering cells of the other pigment cells or lymph cells are observed to have dyed to blue color.

As seen in Fig. 3, which is a diagram illustrating the crab flesh, in the leg flesh, blocks (C) of muscular fibre bundles are observed to be surrounded by gelatinous tissues (B) which consist of comparatively clear and thick layer.

On the other hand, as seen in Fig. 4 which is an illustrative diagram of *suketo*-cod flesh, many muscular fibre bundles distributed closely, among which there are gelatinous fibres which form thin layers.

The epidermis (A) of the crab which is dyed to pink brown color as well as muscle tissue is extended narrow in form; it is epithelial tissue having gelatinous fibre-like constitution in which many nuclei gather. In the most outside of the part of (C) which is considered to be the block of muscular fibre bundles and is situated facing toward the gelatinous fibre (B), there are numerous, pretty thin and long nuclei which are like to muscular fibre substances in the epithelial tissue. Those substances are considered to be sarcolemma which surrounds muscle fibre bundles (D) and are partly extended.

Further, in the muscular tissue of the crab, the presence of the gelatinous fibre surrounding each muscular fibre bundle is indistinct, and it is difficult to distinguish from each muscular fibre. However, in the *suketo*-cod flesh, the comparatively clear gelatinous fibres are observed among the muscular fibre bundles. As above stated, in the *suketo*-cod flesh the muscular fibre bundle are observed closely associated among gelatinous tissue, on the contrary, in the crab flesh, the muscular fibre bundles make blocks; and each block is distributed coarsely in the gelatinous tissue. The block of muscular fibre bundles is observed apparently to be the constituting unit of crab flesh tissue. But, there is no difference in histological constitution between the crab and *suketo*-cod. In the crab flesh, gelatinous tissue is only seen to divide muscular fibre

bundles into several blocks. When the crab flesh which has the tissue constitution as above described is boiled, the gelatinous fibres change to gelatine substance and the blocks of muscular fibre bundles are considered to separate in the form of thick fibre. In fact, in the processing of the canned crab, after the crab flesh is boiled, the thick fibre of muscular tissue easily separated. At the boiling, body fluid in gelatinous tissue in the muscle flesh will flow out in large quantity. The thickness of muscular fibre bundles of male flesh is larger than the female, and the distribution of the muscle fibre bundles of the former is coarse and the arrangement is complicated and strong, but that of the latter is close and the arrangement is regular.

The above observations may supply the particular fundamental knowledge needed to solve the troubles of "frozen meat" of the raw material of the canned crab in winter.

III. SOLUBILITY OF NITROGENOUS SUBSTANCE OF *PARALITHODES CAMTSCHATICA* FLESH BY VARIOUS SOLUTIONS

From the experimental results as above described, the muscular tissue of *Paralithodes camtschatica* is considered to be easily separatable as units of the block of muscular fibre. Therefore the body fluid components which are present in the gaps among each blocks of muscular fibre are believed to flow out easily.

In the present experiment, the respective solublities of nitrogenous substances by water, NaCl solution, acid and alkali solutions were examined.

1. Solubility by water of nitrogenous substance of the crab flesh

In order to know the solubility of the nitrogenous substance of leg flesh of the crab (male), the leg flesh was treated according to Matsumoto's method[12] as shown in Scheme 1, and the amounts of the nitrogen in fractions E_1, E_2, and E_3 were estimated.

The results obtained are shown in Table 2 comparing with the respective results in meats of *suketo*-cod[11], Atka mackerel[13], sea-cucumber[14] and of sea-ear[15].

As seen in Table 2, when the crab flesh was extracted by water of 10-fold volume, about 48% of the total nitrogen dissolved out in the fraction-E_1. And when the water-extract was dialysed in tap water for a week, the precipitated protein (R_1) was yielded. In the remaining liquid (E_2) of the inner part of the dialysis, about 10% of the total nitrogen was present. About 38% of the total nitrogen corresponding to the difference between fractions E_1 and E_2 was considered to be the amount of nitrogen in the precipitated protein (R_1). When this precipitated protein (R_1) was extracted by 0.2% NaCl solution, there was only about 3.5% of the total nitrogen in the extracted solution (Fraction-E_3); the larger part of the precipitated protein (R_1) may be denatured in inactive state. In this case, the solution extracted by water in Fraction-E_1 did not show streaming birefringence, and of course, it contained non-protein nitrogen. From the result obtained, the greater part of the total nitrogen in the crab flesh is known to be water-soluble nitrogenous

Scheme 1. Extraction of water-soluble protein of *Paralithodes camtschatica* flesh

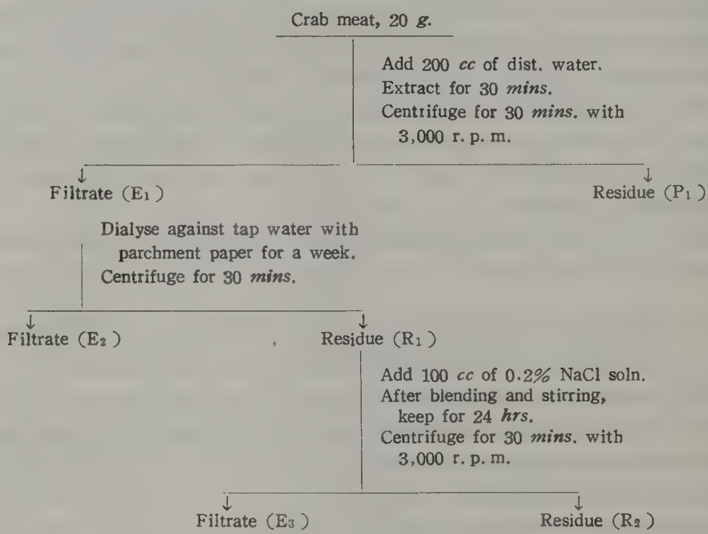


Table 2. Comparative data on the amount of water-soluble protein of *Paralithodes camtschatica* meat with the respective results in meats of various species of fish (Numerals: % for total-N in flesh)

Fishes \ Fraction	E_1	E_2	E_3
Crab flesh	47.9	9.64	3.5
Atka mackerel flesh	27.8	7.20	3.5
Suketo-cod flesh	30.6	3.40	2.1
Sea-cucumber flesh	6.45	1.91	0.6
Sea-ear flesh	21.9	6.90	2.5

substance. It is remarkable that the amount of the water-soluble nitrogenous substance in the crab is much greater than that of Atka mackerel, *suketo*-cod and sea-ear flesh. The dissolving out of the extractive itself from the tissue is considered to depend on the constitution of the muscular tissue, therefore the characteristics of the crab tissue described in previous Experiment II have remarkable influence, largely on the dissolving of the nitrogenous substance.

2. Solubility of *Paralithodes camtschatica* flesh by NaCl solution

To the crushed and homogenized raw leg flseh of fresh *Paralithodes camtschatica* (male) was added 10-fold volume of NaCl solution of various concentrations; the preparate was left at 20°C for 24 hours, and then centrifuged. The liquid separated by a centrifugal

machine was estimated for the determination of the amount of nitrogen. The estimated amount of nitrogen in the extracted liquid was calculated in percentage against the total amount of nitrogen in the crab flesh.

The same experiment was carried out for the crab meat boiled at 100°C for 20 minutes.

The results obtained are shown in Fig. 5.

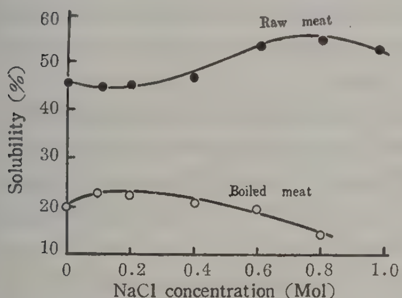


Fig. 5. Solubility of the nitrogenous substance of *Paralithodes camtschatica* flesh in NaCl solutions of various concentration

As seen in Fig. 5, the largest amount of nitrogen was extracted from the raw crab meat by 0.7 Mol (about 4 %) NaCl solution. This is about 55 % of the total amount of nitrogen. This is larger than the maximum solubility by water, 48%. If the loss of the dissolved nitrogen has relation with the taste, it is unbeneficial that the crab flesh be washed or boiled with sea water. From the boiled crab meat, the percentage of the amount of nitrogen dissolved by 0.2 Mol NaCl solution in relation to the total nitrogen was only about 25 %. This small value of solubility may be due to the heat coagulation of the protein of the crab flesh.

3. Solubility of *Paralithodes camtschatica* flesh by acid or alkali solution

To the crushed and homogenized crab (male) leg flesh was added 10-fold volume of acid solutions, such as HCl, H_2SO_4, CH_3COOH or alkali solution, such as NaOH, of various concentrations; the material was left at 20°C for 24 hours, and then centrifuged. The liquid separated by a centrifugal machine was used for the determination of the amount of nitrogen. The amount of nitrogen in the extracted liquid was calculated for the percentage relation to the total nitrogen in the crab flesh. The results obtained are shown in Fig. 6.

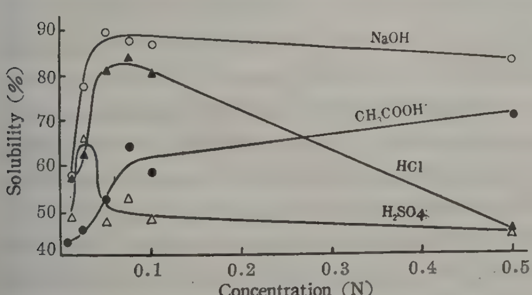


Fig. 6. Solubility of the nitrogenous substance of *Paralithodes camtschatica* flesh in acid or alkali solutions of various concentration

As seen in Fig. 6, in the case of extraction by HCl solution, the largest solubility was shown by the concentration of 0.05~0.075 N. This was about 83% of the total nitrogen. Above 0.075 N of concentration, the solubility decrease, and in 0.5 N

HCl solution the solubility decreased to about 46%; this was the same value as the maximum solubility by water. In the case of H_2SO_4 solution, the largest solubility was shown by the concentration near 0.025 N. This was about 65 % of the total nitrogen. Above 0.025 N concentration, the solubility decreased remarkably. Above 0.1 N concentration, the solubility showed below 50 % of the dissolved nitrogen in relation to the total nitrogen. On the other hand, in the case of acetic acid solution, differing from the mineral acid solution, such as HCl or H_2SO_4, the solubility of the nitrogenous substance in the crab flesh increased remarkably until 0.1 N concentration, and even above 0.1 N, the solubility of the nitrogen gradually increased.

From the results obtained, the amounts of the extracted nitrogen differed according to the differences of pH values of extracting solutions. As seen in the strong acid, such as HCl or H_2SO_4 solutions, in the lower pH value solutions the crab flesh coagulates, and the solubility brought about by those acid solutions may decrease. As seen in Fig. 6, in the extraction by alkali solutions, above 0.5 N solution about 90 % of the total nitrogen in the raw crab flesh dissolved out. That is to say, the solubility of the protein by the alkali solution was the largest.

IV. ISOELECTRIC POINT OF FLESH PROTEIN OF *PARALITHODES CAMTSCHATICA*

In order to learn futher about the characteristics of the flesh proteins of ***Paralithodes camtschatica***, the isoelectric points of the proteins extracted by water or NaCl solution were determined by the estimation of the protein precipitated by the solutions of various pH values and by relative viscosity measurement. The isoelectric reaction of the crab flesh was also observed from the solubilities of the nitrogenous substances in the buffer solutions of various pH values.

1. Isoelectric point of flesh protein of the crab

Fresh raw leg flesh of the crab was crushed and homogenized. To 300 *g* of the crushed flesh was added 500 *cc* of distilled water and material shaken for one hour. After the shaking, the upper liquor was separated by a centrifugal separator (3,000 r.p.m.) for 20 minutes. The separated liquor was half saturated with ammonium sulfate and was left over one night at a cold place. The precipitated protein here yielded, was dialysed in running water for a week. Thus the water-soluble protein in the wet matter was obtained. On the other hand, to the residue which was obtained in the extraction by water, was added 500 *cc* of 0.5 M. NaCl solution. This mixed solution was shaken and the upper liquor was separated by a centrifugal machine. The separated liquor was 2/3 saturated by ammonium sulfate. The precipitated protein was dialysed, and thus NaCl solution-soluble protein in the wet matter was obtained.

To each 10 *g* portion of the two kinds of prepared proteins of wet matter was added

250 *cc* of 0.025 N NaOH solution separately and preparates were dissolved. After leaving them over one night, the undissolved part was filtered through a pulp layer. The filtrates were used as samples of the protein solution. Each 10 *cc* portion of the samples of the protein solution was added respectively to 30 *cc* of the buffer solution of various pH values in measuring flasks and then dist. water was added to bring the total volume up to 50 *cc*. After leaving the solution over one night, the precipitated protein was filtered. The amount of nitrogen in the precipitated protein was estimated by micro-Kjeldahl method. The pH values at which the maximum amount of nitrogen is determined was considered to be the isoelectric point of the protein.

The relative viscosity of the filtrate as above stated was measured by Ostwald's viscosimeter. The pH value which shows the minimum value of relative viscosity was also considered to be the isoelectric point of the protein. The results obtained are shown in Figs. 7 and 8.

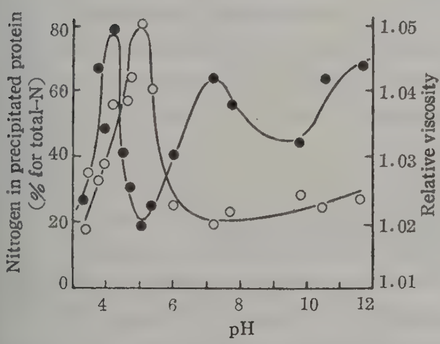


Fig. 7. Isoelectric point of water-soluble protein in *Paralithodes camtschatica* flesh

○—○ "pH-Nitrogen" curve
●—● "pH-Relative viscosity" curve

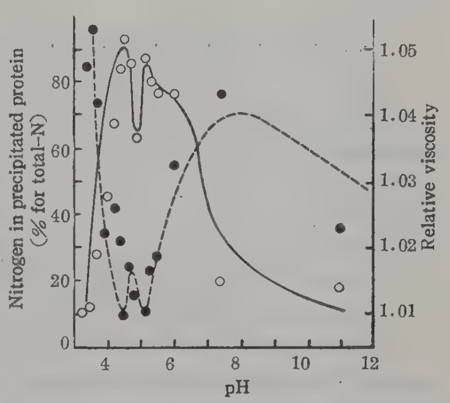


Fig. 8. Isoelectric point of NaCl solution-soluble protein in *Paralithodes camtschatica* flesh

○—○ "pH-Nitrogen" curve
●···● "pH-Relative viscosity" curve

As seen in Fig. 7 which shows the solubilities of water-soluble protein in solution of various pH values, the maximum amount of protein was precipitated at near pH 5.0. The minimum relative viscosity was also shown at near pH 5.0. That is, the isoelectric point of the water-soluble protein is to be at pH 5.0.

As seen in Fig. 8, the isoelectric point of the NaCl solution-soluble protein of the crab is to be at pH 4.5 and 5.1. That is to say, it may be assumed that there are two kinds of proteins in the NaCl solution-soluble protein.

2. Isoelectric reaction of the crab flesh

In this experiment, the isoelectric reaction of the crab flesh itself was estimated by

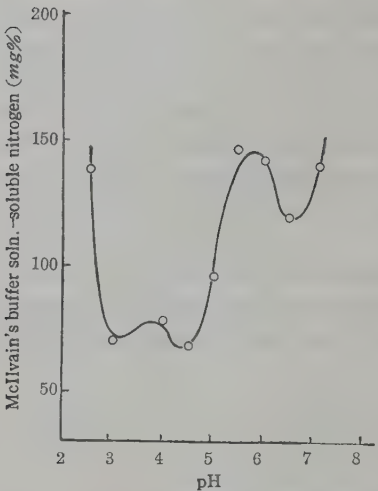


Fig. 9. Isoelectric reaction of *Paralithodes camtschatica* flesh

determining the dissolved amount of nitrogen from the soaked crab flesh in the buffer solutions having various pH values.

To each 10 *g* portion of the crushed and homogenized crab leg flesh was added McIlvain's buffer solution having various pH values bringing the total volume up to 100 *cc*.After leaving the mixed solution over one night, the upper liquor was centrifuged. To each 10 *cc* portion of the separated liquor were used for the determination of nitrogen. The results obtained are shown in Fig. 9.

As seen in Fig. 9, the minimum dissolved amount of nitrogen was at neer pH 4.5. That is to say, the crab flesh has the characteristic of being insoluble at this pH value. This is agrees with the finding that the isoelectric points of the crab flesh proteins are at pH 4.5~5.0.

V. ELECTROPHORETIC STUDIES ON THE PROTEINS OF *PARALITHODES CAMTSCHATICA* FLESH

It was assumed from the previous experiment, that there are two kinds of proteins in the crab flesh, from the results showing two pH values of 5.1 and 4.5 as the isoelectric points of the NaCl solution-soluble protein.

In this experiment, the NaCl solution-soluble protein which was prepared in the previous experiment, was studied electrophoretically. About 5 *g* of the NaCl solution-soluble protein was dissolved in phosphate buffer solution of which ionic strength, *I*, was 0.35 (prepared by means of the buffer solution of M/5 Na_2HPO_4 and M/5 KH_2PO_4), and the total volume was made up to 20 *cc*; the material was left over one night in a cold place. The dissolved solution was dialysed in 50 *cc* of the same buffer solution for 48 hours. Inner solution of the dialysis was centrifuged, and the obtained upper clear liquor was used for the electrophoresis. This liquor had pH 8.4 value, and its electric conductivity was 59.5 Ohm. The electrophoresis was examined by an H. T. type Tiselius' apparatus. The size of the electrophoretic cell is $2\times15\times50$*mm* (area of the section is 0.3 cm^2). The potential grade was 5.75 *volts/cm* and the electric current was 16 mA. The temperature of the cell was

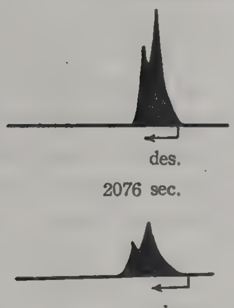


Fig. 10. Electropheretic pattern of NaCl solution-soluble protein in *Paralithodes camtschatica* flesh

maintained at 1～2°C during the electrophoretic examination.

Results obtained are shown in Fig. 10.

As seen in Fig. 10, NaCl solution-soluble protein is composed of a mixture of two components, of which the mobilities were -1.02 and -1.39×10^{-5} *cm²/volt. sec.* respectively, from the descending boundary.

VI. THE PHENOMENON OF STREAMING BIREFRINGENCE OF THE EXTRACTS FROM *PARALITHODES CAMTSCHATICA* FLESH

As noted in the previously reported experimental results (III), a larger amount of nitrogen flowed out in the water extract or NaCl solution-extract of *Paralithodes camtschatica* flesh than in corresponding extracts of fish flesh. The nitrogenous substance which was extracted out, contains water-soluble proteins, such as myogen, myoalbumin and globulin-X, likewise NaCl solution-soluble proteins, such as myosins (The word "myosins" was used here to include both myosin or L-myosin and actomyosin). The possibility must also be considered of the presence of non-protein nitrogen, such as meat-extractive nitrogen in addition to the proteins above mentioned.

It is known that if a sample of the solution of the fibrous protein, myosins, is placed between two crossed Nicol prisms, and is made to flow, a light field is observed; this is the phenomenon of streaming birefringence (S.B.)[16]. On the other hand, the water-soluble proteins (sarcoplasmic), such as myogen, myoalbumin and glogulin-X did not show S.B. The myosins are insoluble in water, but soluble in dil. salt solutions. However, according to Migita *et al.*,[17] the water extract of squid meat (*Ommastrephes sloani pacificus*) distinctly shows the phenomenon of S. B. The reason why the water extract of squid meat shows S.B., is the dissolution of the myosins in the dispersed state for some unknown reason. This is one of the characteristics of the squid meat protein. According to Okada *et al.*,[18] the phenomenon that water extracts of squid meat show S.B. is characteristic to the mollusca, whilst water-soluble protein of shrimp meat in the crustacea does not show S.B. On the basis of those experimental results, in *Paralithodes camtschatica* flesh also, it is considered that the myosin-like protein does not flow out in the water extract.

In the present experiments, in order to gather qualitative data on the dissolution

phenomenon, the authors have examined the phenomenon of S.B. in water extract and KCl solution extract of the crab flesh.

(1) Experimental method

Fresh raw leg flesh of the crab was crushed and homogenized, and the repeated extractions were carried out by the same method as described in Tanikawa's study[14] with 10-fold volume of dist. water or Weber's solution (a mixture of 0.6 Mol KCl, 0.04 Mol $NaHCO_3$ and 0.01 Mol Na_2CO_3 solutions). Each extract was used for the examination of S.B. At the same time, the amount of dissolved nitrogen in the 1st extraction was measured.

(2) Experimental results and consideration

The results obtained are shown in Table 3

Table 3. Phenomenon of streaming birefringence and nitrogen contents in both water and Weber's extracted solutions of ***Paralithodes camtschatica*** flesh (Numerals: % for total-N in flesh)

No. of extraction	Water extracted soln.		Weber's extracted soln.	
	S.B.	Nitrogen content (%)	S.B.	Nitrogen content (%)
1	—	31	++++	41
2	—	—	+	—
3	—	—	—	—
4	—	—	—	—
5~10	—	—	—	—

As seen in Table 3, when the crab meat was extracted repeatedly with 1.5-fold volume of dist. water, in the 1st extraction about 30 % of the total amount of nitrogen in the crab meat was dissolved out, but the water extract did not show S.B. On the other hand, when the crab meat was extracted by Weber's solution as well as by the use of water, in the 1st extraction about 40 % of the total nitrogen in the crab meat was dissolved out, and the extracts show S. B. comparatively clearly. But after the second extraction, the extracts have decreased in their showing of S. B. After the third extraction, the extract did not show S. B. at all. Those obtained results are the same as in the extraction of fish flesh such as Atka mackerel[13] and carp[18]. From those results, it is considered that the crab flesh as well as the fish flesh, myosins did not dissolve out in dispersed state.

VII. THE SWELLING OF THE FLESH OF *PARALITHODES CAMTSCHATICA*

In the processing of canned crab, the crab flesh is often treated with neutral salts (*e. g.*, NaCl) or acids during the processes of water-washing and bleaching. In this process, the crab flesh protein shows the swelling corresponding to the water holding affinity of the protein. This phenomenon of swelling affects the yield of the canned crab.

In this experiment, examination has been made of the phenomenon of the swelling of

the flesh of *Paralithodes camtschatica* immersed in various salt or acids solutions, and of the relation between the degree of swelling and the pH value of the immersed solution.

1. The swelling of the crab flesh immersed in salt solutions of various concentration

(1) Experimental method

Blocks of the raw meat (about 2 cm^3) were taken from the fresh leg meat of the crab. After having been weighed, each block was immersed in 50 *cc* of the following various salt solutions in a cold place for 24 hrs. After taking up, adsorbed water on the surface of the blocks was wiped off with a filter paper, and the weight of the block after the immersion was measured. The ratio of the weight (W) of the block meat after immersion to the weight (W_o) of meat before immersion was calculated as the degree of the swelling (S) of the block of meat ($S=W/W_o$). Salt solutions employed were NaCl, KCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$, KI, K_2SO_4, KCNS, KNO_3, $NaNO_3$, CH_3COONa, $C_3H_4OH(COONa)_3$, NH_4Cl, Na_2CO_3 and Na_3PO_4 solutions of 0.1~2.0 Mol, and $Na_2B_4O_7$ solution of 0.0025~0.5 Mol. As control, dist. water was also employed.

(2) Experimental results

The results obtained are shown in Figs. 11~13.

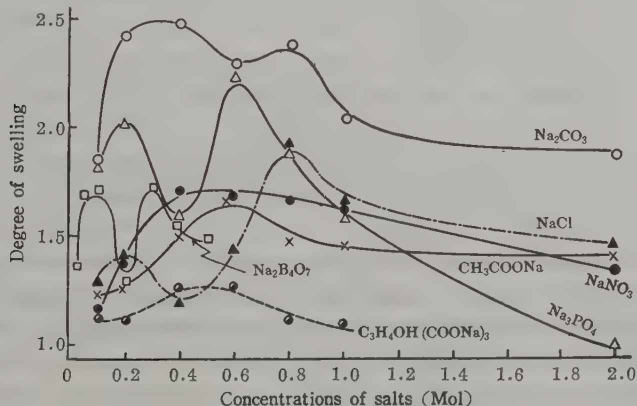


Fig. 11. Swelling curves of *Paralithodes camtschatica* flesh immersed in salt solutions of various concentration (in the case of varying anions upon Na^+)

Fig. 11 shows the influence of varying anions upon Na^+, Fig. 12 shows the influence of varying anions upon K^+, and Fig. 13 shows the influence of varying cations upon Cl^-.

As seen in Fig. 11, excepting $NaNO_3$ solution, the curve showing the relation between the degree of swelling and the concentration of solutions has two peaks which are shown at near 0.2 and 0.6~0.8 Mol. (the swelling curve of the flesh block immersed in solution of $Na_2B_4O_7$ shows two peaks which are situated at lower concentrations, 0.1 and 0.3 Mol).

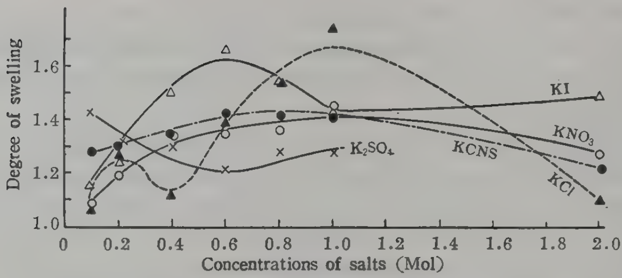


Fig. 12. Swelling curves of ***Paralithodes camtschatica*** flesh immersed in salt solutions of various concentration (in the case of varying anions upon K^+)

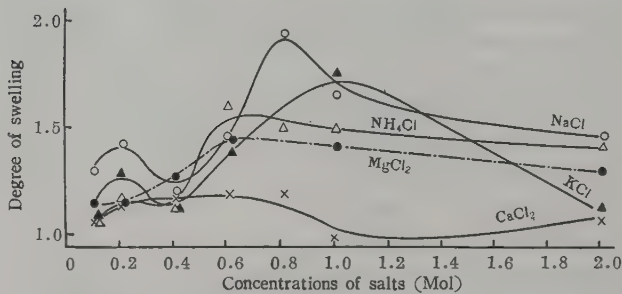


Fig. 13. Swelling curves of ***Paralithodes camtschatica*** flesh immersed in salt solutions of various concentration (in the case of varying cations upon Cl^-)

Among the alkali salt, the degree of the swelling caused by Na_2CO_3 was the largest. On the other hand, the curves of the degree of swelling of the block flesh immersed in $NaNo_3$ and organic salts, such as CH_3COONa and $C_3H_4OH\ (COONa)_3$ have each only one peek which is situated at 0.4~0.6 Mol. The degree of swelling caused by organic salts is smaller than that by the inorganic salts.

As seen in Fig. 12, the swelling curve brought about by KCl in potassium salts shows two peaks at near 0.2 and 1.0 Mol similar to NaCl, but other potassium salts, such as KI, KNO_3 and KCNS, show only one peak which is situated at a point near 0.6 Mol or 1.0 Mol. The curve of swelling caused by K_2SO_4 is considered to have a maximum point at below 0.1 Mol, but the degree of swelling decreased when concentration was above 0.1 Mol.

As seen in Fig. 13, comparing between salts having Cl^-, one sees that the curves of the swelling brought about by the salts having monovalent cations, such as Na^+, K^+ and NH_4^+ show two peaks which are situated at near 0.2 Mol and 0.8~1.0 Mol, but the

curves of salts having bivalent cations, such as Mg^{++} and Ca^{++} show only one peak which is situated at near 0.6 Mol; further, the inclination of the latter curve was gentle.

From those results, when the crab flesh is immersed in salt solutions having concentration up to a strength of 2 Mol, it is noticeable that the cruves of swelling caused by monovalent neutral salts, such as NaCl, KCl, NH_4Cl, or by alkali Na-salts, such as Na_3PO_4, $Na_2B_4O_7$, Na_2CO_3 have two peaks.

It is an interesting fact that the swelling curve of the crab flesh has two peaks. In senior author's laboratory, the swelling of *suketo*-cod[11] (*Theragra chalcogramma PALLAS*), Atka mackerel[13] (*Pleurogrammus azonus JORDAN et METS*), sea-cucumber[14] (*Stichopus japonicus SELENKA*) and sea-ear[15] (*Haliotis (Sulculus) kamtchatkana JONAS*) by various salt solutions has been observed in addition to work done in this experiment. Among those marine animals, the swelling curve of sea-cucumber meat showed two peaks like the crab flesh, while the cruves made by other meats did not show two peaks, but only one in the range between 0.4~1.0 Mol. The fact that the swelling of the crab flesh resembles that of the sea-cucumber meat and is different from the fish flesh is considered to be interpretable as follows. As observed from the previous experiment, II, the tissue constitution of the crab leg flesh is made up of blocks of muscular fibre bundles, surrounded by a gelatinous tissue (connective tissue), and epithelial tissue envelopes the internal tissues. Here it is necessary to consider the effects of swelling both by the muscular tissue protein and by the insoluble proteins of the connective tissue, such as collagen and elastin.

Accorbing to Takahashi[19], the swelling curve of shark skin, in which the amount of the water-content is 70~80% and of collagen is about 13%, shows the maximum at 1% concentration of NaCl solution (about 0.2 Mol). The swelling of the shark skin is considered to be affected by the swelling of collagen tissue. Likewise, the flesh of the sea-cucumber also consists mainly of a net work of collagen fibre, of which the amount of collagen is three-fold that of the fish flesh. The collagen fibres of the connective tissue in the crab flesh which surround the blocks of muscular tissue bundles are also considered to swell primarily at immersion in the various salt solutions, and to give the first peak on the curve of swelling.

From the consideration above stated, in the flesh of crab or sea-cucumber, one of the peaks of the curves occurring at lower concentration of the salt solutions, at near 0.2 Mol, is considered to be followed by the swelling of the insoluble proteins (collagen and elastin) in the connective tissue. With the increasing of the concentration of salt solution, the degree of swelling decreases once because of the osmotic dehydrating effect, and with further increasing of the concentration, the swelling of the muscle proteins occurs at higher concentration of 0.8~1.0 Mol, and shows the other peak of the swelling.

2. **The influence of the hydrogen ion concentration on the degree of the swelling of the crab flesh**

(1) **Experimental method**

Blocks of crab meat (about 2 cm^3) were taken from the raw leg flesh as samples. pH of the immersing solution was adjusted by means of N/10 HCl and N/10 NaOH. The degree of swelling was estimated by the same method as described above.

(2) **Experimental result**

Results obtained are shown in Fig. 14. In this case, the pH values are recorded as the pH values of each solution after the immersion of the crab meat blocks.

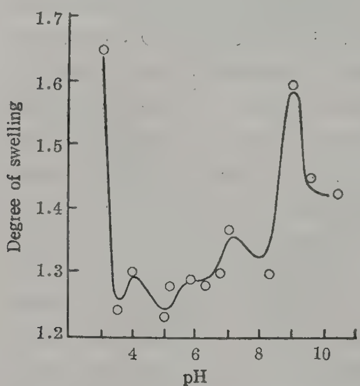


Fig. 14. The influence of the hydrogen ion concentration on the degree of swelling of *Paralithodes camtschatica* flesh

As seen in Fig. 14, the curve of swelling of crab meat shows characteristically, (1) the minimum degree of swelling was at near pH 5, (2) below pH 4, the degree of swelling increased remarkably, (3) the maximum degree of swelling was at near pH 9. Among those facts, the fact (1) is affirmed from the result of the previous experiment, V, in which the isoelectric reaction of the crab meat was shown at near pH 5. Facts (2) and (3) obtained are considered to agree with the point that the degree of swelling of tissues consisting largely of collagen fibre, such as cowhide or shark skin, shows the peaks at pH 2.5 and pH 12.0[19,20].

In sea-cucumber meat[14], the curve of swellig shows two peaks at pH 2.0 and 10.0 while in fish flesh, it is well known that the curve of swelling has comparatively high degree on both acid and alkali sides. This is perhaps owing to the presence of more or less amount of acidic amino acids (asparatic acid, glutamic acid) or basic amino acids (arginine, lysine). According to Okada *et al.*[21] or to the present authors' results which were obtained in carp, Atka mackerel, *suketo*-cod or sea-ear meats, it was also observed that the larger degree of swelling occurred at acidic side or alkali side of the isoelectric point of the fish flesh. However, in the curve of the swelling of those fish fleshes, there was no distinct peak such as was seen in the acidic or alkali sides in collagen or keratine fibres[22]. The swelling curve of crab flesh resembles the curves of shark skin or collagen fibres, but is different indistinctly from that of fish flesh.

VIII. HEAT COAGULATION OF THE FLESH OF *PARALITHODES CAMTSCHATICA*

In the processing of canned crab, the cooking procedure is important in order to harden

the crab flesh, to make easy the removal of flesh from the crust, and further to prevent the autolytic action of the flesh. The cooking procedure is carried out after the removal of the carapace when the crab is landed at the cannery. In this procedure, the leg flesh is boiled with the crust in sea water. It can not be overlooked that this procedure affects the yielding ratio of the number of cases of cans to the number of raw crabs used.

Therefore it must be ascertained how the kinds of boiling water, number of repetitions of cooking, relationships of cooking temperature to time and the freshness of the raw material affect the qualities of the canned crab flesh product. At the cooking, the crab flesh protein shows the phenomenon of heat coagulation accompanied with dehydration or adsorption of water. In this experiment, the authors have examined the phenomena of heat coagulation, dehydration and adsorption of water in the cooking of crab flesh protein.

1. The phenomenon of dehydration or adsorption in the cooking of crab flesh

(1) Relation between the cooking time and the phenomenon of dehydration or adsorption

When crab flesh is cooked in water or salt solution, the flesh coagulates and is dehydrated. Here, when the crab flesh is cooked in dist. water having various temperatures, the dehydrating ratio of crab flesh was estimated with the lengthening of the cooking time.

Blocks of raw leg flesh sized 1 cm^3 were taken, and weighed (W_o); they were immersed in dist. water of 40°, 50°, 60°, 70° and 100°±2°C for 5∼20 minutes. After taking up the blocks immersed, the adsorbed water on the surface of the blocks was wiped off with a filter paper, and the weight after boiling was measured (W). The dehydrating ratio (D) was calculated from the following equation.

$$D = \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\ (\%) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

In this equation, when W is less than W_o, the value of D shows the minus sign, and it represents dehydration, and when W is larger than W_o, the value of D shows the plus sign and it stands for adsorption.

The results obtained are shown in Fig. 15.

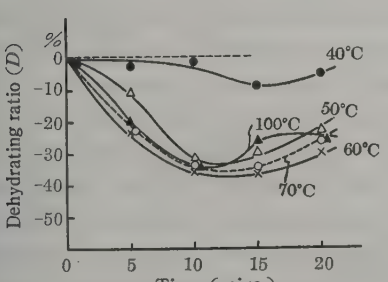


Fig. 15. Dehydrating curves of leg flesh of *Paralithodes camtschatica* in distilled water having various temperatures

As seen in Fig. 15, the crab flesh is dehydrated by boiling. At boiling of 40°C for 15 minutes, or in the range of 50°∼100°C for 10 minutes, the dehydrating ratios, D, increased to the maximum. When boiling was for more than that time, adsorption was shown, and the value of D decreased. This may be because, after the coagulation of the flesh protein becomes constant, the amount of water adsorbed by the coagulated flesh protein becomes larger than the dissolved

amount of the soluble components. But within the range of boiling temperatures used in this experiment, the ratio of the dehydration, *D*, showed the maximum (about 38 %) at 60°C, and the ratio decreased when boiling temperatures were above 60°C. When the crab flesh was immersed in hot water at various different temperatures, the ratio of the dehydration increases or decreases as a boundary of some temperature. The increase in dehydrating ratio is owing to the heat contraction or decrease of the dried matter by the dissolving of the soluble components. The decrease of dehydration is a kind of hydration owing to the difficulty of passage of water from the inner part of the flesh to the outside due to the rapid heat coagulation of the surface protein of the meat block in the boiling.

Next, the shoulder flesh of the crab was examined as well as the leg flesh, and results obtaind are shown in Fig. 16.

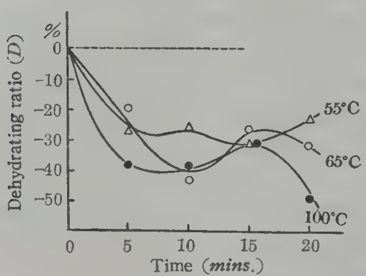


Fig. 16. Dehydrating curves of shoulder flesh of *Paralithodes camtschatica* in distilled water having various temperatures

As seen in Fig. 16, the dehydrating ratio, *D*, becomes maximum at 10 minutes. After 10 minutes' boiling, the coagulated protein first showed adsorption, and the dehydration occurred again with the increase of the boiling time owing to the increase of the dissolved amount of the soluble components.

(2) Relation between the heating-temperature and the ratio of the dehydration

As it clearly learned from the previous experiment that the ratio of the dehydration of the block (about 1 cm^3) of *Paralithodes camtschatica* flesh showed constant value as a result of heating for 10 minutes in dist. water of 50°~100°C, then it was observed in detail how the ratio of the dehydration of the blocks of the crab leg meat varies, when the blocks are heated for 10 minutes at various different temperatures. Further, in this experiment, in order to know the difference of the ratio of the dehydration in the various degrees of freshness of crab leg flesh, use was made of both fresh raw leg meat and unfresh meat which had been left for 24 hours at 15°C. The experimental method was the same as in the previous experiment.

The results obtained are shown in Fig. 17.

Curve I in Fig. 17 shows the ratio of the dehydration of fresh crab meat; curve II shows that of unfresh crab meat (left for 24 hours); curve III shows the ratio of the dehydration of the leg flesh of *Erimacrus isenbeckii* obtained by Kosakabe[3a]. As seen from curve I, in the fresh raw leg flesh, the dehydration occurred slowly until 40°C, then increased rapidly from 40°C to 65°C; the ratio of dehydration at 65°C showed about 32%, and the adsorption rathr than the dehydration occurred at from 65°~85°C; the phenomenon of dehydration predominated again at 85°~105°C.

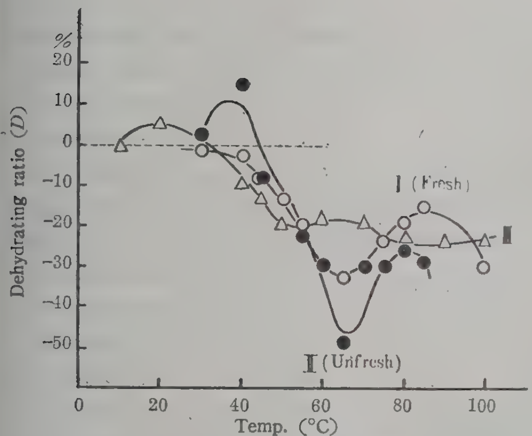


Fig. 17. Relation between the dehydrating ratio and the heating-temperature in fresh or unfresh meat of *Paralithodes camtschatica* (Heated in distilled water for 10 minutes)

If the remarkable phenomenon of the dehydration below 40°C or 85°C were considered according to the ideas of Shimidu[28], the dehydration of crab meat is interpreted as follows. The dehydration at 40°∼65°C is considered to be due to the heat coagulation of myosin of muscular protein, and that at 85° is considered to correspond to the heat coagulating process of myogen. The adsorption at 65°∼85°C is considered to be due to the prevention of passage of water from inner part of the meat to the outside because of the heat coagulation of the protein in the surface of the meat block. In the unfresh raw leg meat (left for 24 hours), as seen from curve II, the adsorption occurred until 40°C showing above 10 % of the ratio of the adsorption, and when the heationg temperature ascended over 40°C, the dehydration occurred rapidly as a result of a few degrees heating temperature. At 65°C, the ratio showed the maximum, about 48%. In comparison with the fresh leg flesh, the unfresh leg flesh is easily dehydrated: the dehydrating ratio decreased at 65°∼80°C and adsorption occurred, and then the dehydration continued again at above 80°C. As seen in curve III obtained by Kosakabe as to *Erimacrus isenbeckii*, the maximum value of the ratio of dehydration was about 25 %, and the dehydration is not as easy as in the *Paralithodes camtschatica* flesh. This curve also shows two stages. The 1st stage of dehydration is observed from 20° to 50°C, and the 2nd stage from 70° to 80°C. In the flesh of *Erimacrus isenbeckii* also it is considered that the two kinds of heat coagulable proteins, myosin at lower temperature and myogen at higher temperature, are present. The coagulating temperature of the proteins in *Erimacrus isenbeckii* is apparently lower than that in *Paralithodes camtschatica.* The cause of this difference is considered to be the histological difference of the two kinds of crab. But the detailed explanation will be provided by studies in future.

Fig. 18 shows the comparison of curve I shown in Fig. 17 with the curves of other marine animals, Atka mackerel flesh[13] (curve II), ***suketo***-cod flesh[11] (curve III), squid meat [23] (curve IV), sea-ear meat[15] (curve V) and sea-cucumber meat[14] (curve VI).

Curve IV is shown for squid meat heated for 30 minutes in water. All other curves represent values for samples heated for 10 minutes.

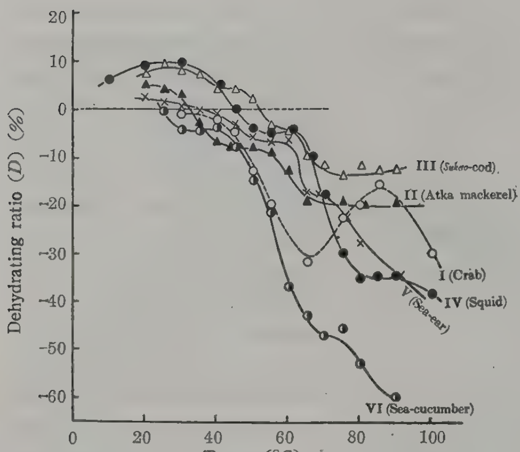


Fig. 18. Comparative data on the dehydration of *Paralithodes camtschatica* flesh with those of other marine animals

As seen in Fig. 18, the curves of the dehydration of fish flesh, such as Atka mackerel (II curve) and *suketo*-cod (III curve) are almost parallel; they show that the maximum values of the ratio of the dehydration (Atka mackerel (20%), *suketo*-cod (14 %)) are less than those of other marine animals. In the curves of dehydration of Atka mackerel and *suketo*-cod, the parts of the curves shown as below 30°C for the former, and as below 50°C for the latter respectively are predominantly the phonomenon of adsorption. Atka mackerel flesh has two kinds of heat coagulable proteins which are coagulated within the ranges of 30°~45°C and 55°~65°C; *suketo*-cod flesh has also two kinds of heat coagulable proteins which are coagulated in the ranges of 45°~55°C and 60°~75°C. In the curve of squid meat (curve IV), above 45°C the phenomenon of dehydration was shown, there being two kinds of heat coagulable proteins which are coagulated within the ranges of 45°~55°C and 60°~80°C; the maximum ratio of dehydration at 80°C was 36 %, which was remarkably larger than that of fish flesh. From the curve of sea-ear meat (curve V), the similar two kinds of heat coagulable proteins which are coagulated in the ranges of 40°~55°C and 60°~70°C are considered to be present, however, their presence is not so clearly shown as in the squid meat, and the increase of the dehydrating ratio continued gradually at temperatures above 70°C. In the curve of dehydration of sea-cucumber (curve VI), a larger ratio of dehydration was shown (about 48 % at 75°C), and the inclination of the curve was very steep; the adsorption of water was not to be observed at near 20°C, showing that the dehydration was gentle until 45°C. Above 45°C, remarkable dehydration was shown, and at near 70°C one step was shown on the curve which was undistinguishable from the curve seen in sea-ear flesh. Above 75°C, dehydration was continuously observed. The presence of two kinds of heat coagulable proteins which coagulate within the ranges of 25°~40°C and 45°~70°C was indistinctly observed.

As above stated, from the curves of dehydration, it is assumed that there are two kinds of heat coagulable proteins. Generally speaking, the fish flesh is less dehydratable

than that of squid and sea-cucumber; it is interesting that the dehydration from the flesh becomes larger with the lowering of the animals in the scale of life. It is also interesting that *Paralithodes camtschatica* shows the medium properties between fish and sea-cucumber, and that there was more remarkable variation of the dehydration and the adsorption than in the other animals.

The difference of the curve of dehydration is perhaps due to the difference of quantity and quality of the muscular protein with the animals, but the authors have assumed that the cause is more largely the histological difference of animal tissue.

According to Tanikawa[14], the characteristic properties of sea-cucumber meat are observed to be (1) the amount of protein is small, (2) the amount of water content is large, and (3) the meat consists mainly from connective tissue forming a net work of collagen fibre.

Therefore, the animal muscle having such characteristics of histological properties contracts in the collagen fibre of the connective tissue with the increase of heating temperature (In sea-cucumber meat, the remarkable heat contraction occurs at 30°~65°C. According to Takahashi[24], the collagen fibre of the connective tissue in shark skin contracts at 37°~55°C), and the dehydration will occur at the same time; this phenomenon will be shown as a steep inclination of the curve. From those considerations, it is assumed that the histological difference of the meat largely affects the curve of the dehydration.

As seen in the previous report of experimental results, II, *Paralithodes camtschatica* has a constitution in which blocks of muscular fibre bundles are surrounded by a comparatively thick layer of gelatinous tissue; this is similar to sea-cucumber meat. In those meats, the phenomenon of dehydration by heat contraction of gelatinous tissue is considered to occur. On the contrary, muscular fibre of *Paralithodes camtschatica* itself apparently is more thick than that of fish flesh. Therefore, the heat coagulation of muscular protein can not be overlooked.

At this time, the chemical components in body fluid contained in *Paralithodes camtschatica* flesh, especially the presence of haemocyanin which is in the crab blood and is heat coagulable, must be considered. According to Kosakabe[3b], haemocyanin in the body fluid of the crab is coagulated at near 70°C. Therefore, at temperatures below 70°C the remaining haemocyanin which has not yot been coagulated will flow out during the heating, but above 70°C haemocyanin is heat-coagulated, and the ratio of the dehydration decreased; then the curve of dehydration will show the phenomenon of adsorption at 70°~85°C as shown in curve I of Fig. 18.

It can be said that the fact that *Paralithodes camtschatica* is situated histologically between the fish such as Atka mackerel or *suketo*-cod and sea-cucumbers, may be a cause of the result that the curve of dehydration of *Paralithodes camtschatica* (curve I) was situated between those of Atka mackerel (curve II) or *suketo*-cod (curve III) and

that of sea-cucumber (curve VI).

(3) Relation between the heating temperature and the amount of dissolved components

From the previous experimental results described in (2), it was seen that there are two stages on the dehydrating curve of *Paralithodes camtschatica* flesh according to the difference of the heat coagulabilities of the meat proteins.

The authors undertook to estimate the amount of the dissolved components from which the kinds of proteins or their heat coagulability can be indirectly known.

To 10 *g* of the crushed and homogenized leg flesh of *Paralithodes camtschatica* dist. water was added to make a volume of 100 *cc*, and the mixed solution was shaken for 30 minutes at a definite temperature. After standing for one hour, the upper clear liquor was centrifuged (3000 r.p.m. for 20 minutes). Aliquot volume of the centrifuged liquor was estimated for the determination of the total amounts of nitrogen and of free amino-acids nitrogen.

The results obtained are shown in Fig. 19.

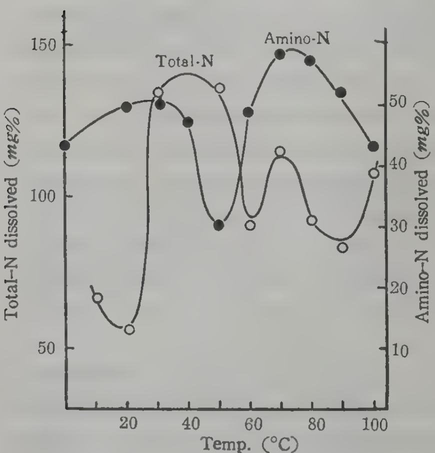


Fig. 19. Relation between the heating temperature and the amount of nitrogen dissolved in distilled water

As seen in Fig. 19, the total amounts of nitrogen and of free amino-acids nitrogen in the dissolved components were maximum at 40° and 70°C. Below and above those temperature, the amounts of the dissolved components decreased. Those temperatures (40° and 70°C) are considered to be those at which the heat coagulation of myosin and myogen in *Paralithodes camtschatica* flesh begin. So it can be considered that within the ranges of 20°∼40°C and 60°∼70°C where the proteins remain uncoagulated, the amounts of the dissolved components increase but above 40° or 70°C the amounts of the dissolved components decrease with the progress of inactivation of the coagulated proteins. The fact that the maximum amount of dissolved components was seen at 70°C was considered possibly to be caused by the presence of haemocyanin of blood in the body fluid in addition to the presence of myogen in the flesh. The fact that the amount of total-nitrogen of the dissolved componts at 40°C was larger than that at 70°C is perhaps due to the fact that at 40°C myosin only are coagulable; on the contrary, at 70°C myosin in addition to haemocyanin and myogen are together coagulable, so the amount of insoluble nitrogen was

superior in higher temperatures.

(4) The relation between the dehydration and the pH value of heating solution

In this experiment, the crab flesh was boiled in solutions of various pH values, and the change of the dehydrating ratio was estimated. The blocks (about 1 cm^3) of the raw crab flesh were taken from the leg as in the previous experiment.

The blocks were put in 50 *cc* of buffer solutions having various values of pH, such as 3.2, 4.8, 6.5 and 8.5 at 60°C (pH values were adjusted by means of N/10 HCl and N/10 NaOH solutions), and heated for a definite time (5∼20 minutes); the ratio of the dehydration was estimated. The results obtained are shown in Fig. 20.

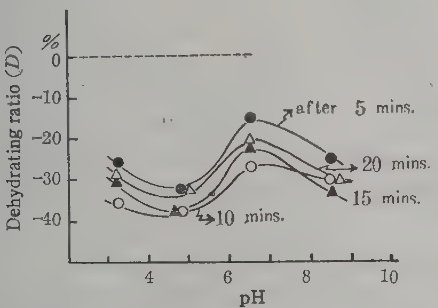


Fig. 20. Relation between the dehydration of *Paralithodes camtschatica* flesh and the pH value of heating solution

As seen in Fig. 20, the dehydrating ratio showed maximum at pH 4.8, and showed the decreases at pH 3.2 and 6.5. At pH 8.5 the dehydration increased again. The fact that the maximum dehydration was at pH 4.8, is interpreted to be due to the fact that the isoelectric reaction of *Paralithodes camtschatica* flesh is at pH 4.5∼5.0, at which the flesh protein coagulates, the hydrating affinity decreases and dehydration occurs easily.

The increase of the dehydration on the alkali side is perhaps owing to the dissolving of the soluble component. On the contrary, the decrease of dehydration at pH 3.2 is perhaps because the acid swelling of the flesh protein acts antagonistically against dehydration.

2. Heat coagulation of flesh protein of ***Paralithodes camtschatica***

In this experiment, the heat coagulation of water-soluble protein and of 0.5 Mol NaCl-soluble protein of *Paralithodes camtschatica* flesh was examined by the same method as described in Tanikawa's study[14].

The results obtained are shown in Fig. 21.

As seen in Fig. 21, in water-soluble protein solution, the amount of the proteins coagulated at 60°∼75°C was remarkably increased, so the presence of water-soluble protein, *i. e.*, myogen was assumed. In this case, haemocyanin of blood in the body fluid is considerd to play a part in the coagulation. However haemocyanin is coagulated at near 70°C, not yet at 60°C, therefore the phenomenon of the coagulation of myogen is shown to predominate. On the other hand, in 0.5 Mol NaCl solution-soluble protein, it is assumed that there are two kinds of proteins, one is the protein coagulated at 30°∼50°C and the other the protein whose coagulation begins at near 60°C. The former is considered to

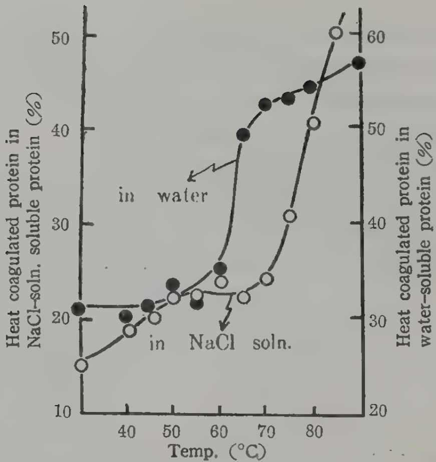


Fig. 21. Heat coagulating curves of flesh proteins of *Paralithodes camtschatica*

correspond to the range of coagulating temperature of the myosin, and the latter is considered to correspond to that of the myogen (at 70°C the presence of haemocyanin takes a part in the coagulation). Those results agreed with the results of Shimidu[25] which were obtained from the 0.1 Mol NaCl solution-soluble proteins in Formosan loach (Kamuruchi, *Ophicephalus argus CONTER*) and in clam meat (*Meretrix meretrix* (*LINNE*)).

IX. HYDRATION OF *PARALITHODES CAMTSCHATICA* FLESH

From the results obtained in the previous experiment, VIII, the presence of heat coagulable proteins, such as myosin and myogen has been strikingly observed and the dehydrating curve of *Paralithodes camtschatica* resembles that of fish flesh. It was also observed that *Paralithodes camtschatica* flesh has the characteristic of easily dehydration, resembling sea-cucumber meat or squid meat.

In the present experiment, in order to ascertain the hydrating affinity of *Paralithodes camtschatica* flesh, the authors have determined the water content—relative vapour pressure curve of the crab meat.

(1) Experimental method

Three kinds of samles, (1) fresh raw leg meat of *Paralithodes camtschatica,* (2) unfresh raw leg meat (left for 3 days at 5°C), and (3) boiled fresh leg meat (heated for 20 minutes at 100°C), were used for the comparison with each other.

The vapour tension method[26] was used by indirect procedure which estimates the equilibrium pressure by an oil manometer between the vapour pressure (P) of water contained in sample and the vapour pressure (P_o) of pure water (dist. water) maintained at the same temperature as that of the sample. As sample, about 2 *g* samples of crushed meat of *Paralithodes camtschatica* as above stated, were accurately weighed. Estimations were made at temperature of 20°±1°C. The results obtained are shown as the relative vapour pressure (P/P_o) to the amount of water content, "*g*", gram of water per gram of the dried matter.

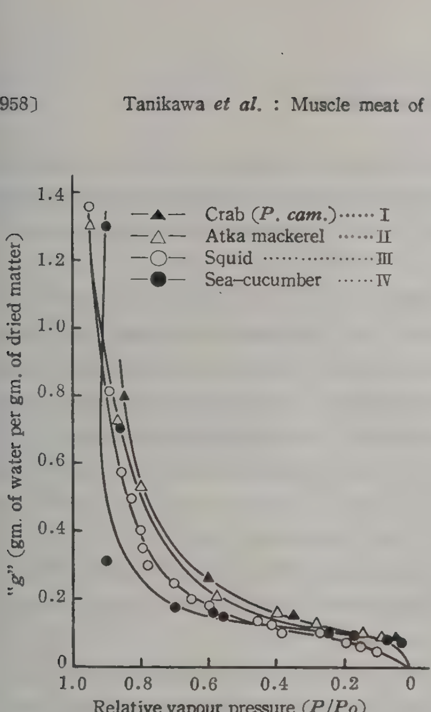


Fig. 22. Comparison of "g-p/p_0" curve of *Paralithodes camtschatica* flesh with those of other marine animals

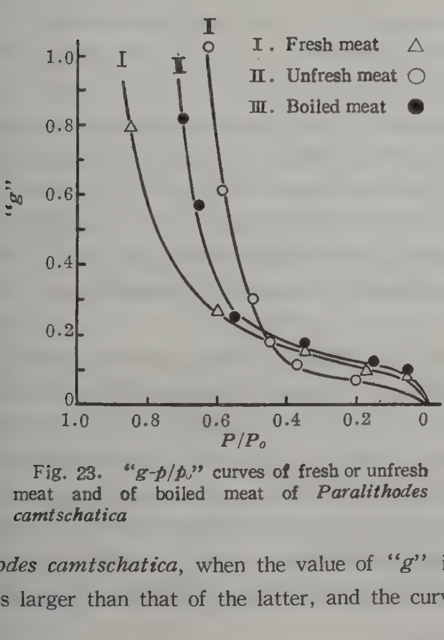


Fig. 23. "g-p/p_o" curves of fresh or unfresh meat and of boiled meat of *Paralithodes camtschatica*

(2) Experimental results

Results obtained are shown as curve I in Fig. 22. In order to compare the meat of *Paralithodes camtschatica* with those of other marine animals (Atka mackerel[13]), sea-cucumber[14]) and squid meat[26])), the results obtained are shown together in Fig. 22. Curve II is shown as "g"-P/P_o curve of Atka mackerel meat (20°C), curve III is squid meat (20°C) and curve IV is that of sea-cucumber meat.

Fig. 23 is shown as "g-P/P_o" curve of three kinds of samples of *Paralithodes camtschatcia* which were as above described in order to compare with one another. Curve I in Fig. 23 is the "g-P/P_o" curve of the fresh leg meat, curve II that of unfresh leg meat, and curve III that of boiled meat of the fresh leg meat.

As seen in curve I in Fig. 22, when the meat of *Paralithodes camtschatica* has about 0.3~0.4 g of water content, "g", (0.3~0.4 of "g" corresponds to about 23~29% of the water content for the sample containing water). the value of P/P_o decreases rapidly and shows as an S-type curve which is characteristic for the vapour pressure curve. On the other hand, in the case of sea-cucumber meat, curve IV, when the value of "g" is 0.34 g, the value of P/P_o is 0.84~0.88.

Comparing the curve "g-P/P_o" of the sea-cucumber with that of *Paralithodes camtschatica*, when the value of "g" is the same, the value of P/P_o of the former is larger than that of the latter, and the curve of sea-cucumber meat is situated generally

farthest to the left of curve I of *Paralithodes camtschatica.* On the contrary the curve of *Paralithodes camtschatica* resembles curve II of Atka mackerel. Curve III of squid meat is situated between curve IV of sea-cucumber and curve II of Atka mackerel (or curve I of *Paralithodes camtschatica*).

The water content "g"—relative vapour pressure P/P_o" curve shown in Fig. 22 is regarded as a kind of dehydrating isothermal curve. The phenomenon of the mutual slipping of the curves is supposed to be caused by the difference of free energy of water in the sample, that is to say, to the difference of binding energy of water existing in the sample.

According to Lewis and Randall[27], the difference, $\Delta\bar{F}$, between the differential molal free energy of pure water and that of water in the sample at the same temperature is given by the following equation:

$$\Delta\bar{F}=F_o-\bar{F}=-RT\ ln\ P/P_o=-RT\ ln\ a\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

Here, F_o is the differential molal free energy of pure water at $T°K$, $\bar{F}$ is that of water in the sample at the same temperature, R is gas constant, and "a" is water-activity of water in the sample.

As seen in equation (2), when two kinds of sample are estimated at the same temperature in the two curves of "g-P/P_o", the value of $\Delta\bar{F}$ decreases in the sample showing a small value of "P/P_o" at the same amount of water-content "g", and the water in the sample takes on the properties of pure water, that is to say, it comes to have the properties of free water having weak binding strength. Therefore, in Fig. 22 the values of P/P_o, that is the water-activity, "a", of water in the sample; corresponding to the same amount of water-content, "g", rank with those of crab, Atka mackerel, squid and sea-cucumber meat in order of larger values.

So the values of $\Delta\bar{F}$ of those marine animal meats are assumed to become contrarily smaller in the same order, and the hydrating affinity also shows decrease in that order. In this case, curve IV of sea-cucumber meat was obtained at 18°C, but with the rising of the estimating temperature, the curve slipped as a whole to the left (the value of P/P_o increases in comparison with the same amount of water-content "g"), so even if the estimation was made at 20°C as in other samples, the order as above described will be unchanged.

According to Higashi[28] *et al.* or Akiba[29], water having the value of P/P_o which is below 0.7, may be defined as a molecular theoretical bound water from the point of view of protein chemistry (the value of P/P_o of the bound water defined from the colloidal point of view is 0.8~0.9, and bound water estimated by cobaltous chloride method by Hatschek[30] or Ōyagi[31] is in this range of values of P/P_o); therefore the amount of molecular theoretical bound water may be considered to become progressively smaller in the meat of crab, Atka mackerel, squid and sea-cucumber in that order.

That is to say, sea-cucumber being rich in the gelatinous tissue and having property

of watery meat can be said to contain water having weak hydrating affinity and free state. On the other hand, *Paralithodes camtschatica* or Atka mackerel meat can be said to have water which is restrained from the freedom, added to the hydrating affinity of bound water of the meat protein itself. Squid meat can be said to have water of which the property is between the water of sea-cucumber and that of crab meat.

From the results in this experiment, *Paralithodes camtschatica* flesh has the same amount of bound water as other fish flesh, and the hydrating affinity of the water is also the same as that of fish flesh.

As seen in Fig. 23, in which the curves of "g-P/P_o" of fresh flesh of *Paralithodes camtschatica*, unfresh flesh and boiled flesh are shown in their mutual relation, curve I of fresh flesh crossed with curve II of unfresh flesh at 0.45 value of P/P_o, (at 0.18 value of "g") and in higher range above 0.45 value of P/P_o, the value of P/P_o of the unfresh flesh corresponding to the same amount of water-content "g" shows smaller than that of fresh flesh. This may be due to the formation of volatile basic substances with the falling of the freshness of the crab flesh (the amount of volatile basic nitrogen in the sample was about 25 *mg%*), so the true vapour pressure can not be considered to have been estimated. But it is supposed that the hydrating affinity of the meat protein becomes the most important factor by introduction of water into the range of the molecular theoretical bound water, when the value of water-content "g" is below 0.2, at which the value of P/P_o decreases rapidly.

Therefore, the fact that below 0.45 of P/P_o, the value of P/P_o corresponding to the same amount of water-content "g" of unfresh flesh is larger than that of fresh sample, means the increase of water-activity of water in unfresh flesh, and the value of $\Delta\bar{F}$ in equation (2) becomes small, so the flesh is considered abundantly to contain water which possesses much freedom. That is to say, resultant from the falling of the freshness of the flesh, the hydrating affinty of the flesh becomes weak, and decrease of the amount of molecular theoretical bound water is considered to occur.

On the other hand, in the case of curve III which is for the boiled flesh of the crab, and which slipped as whole to the right side of the curve of fresh flesh (slipped to the small side of the values of P/P_o), as the flesh protein becomes denatured coagulated protein by heating, it is considered that the flesh is caused to contain water as a result of a different mechanism from the raw flesh. But, as for the hydrating affinity, the value of P/P_o of the boiled flesh becomes small and the value of $\Delta\bar{F}$ become large at the same water content "g", therefore the boiled flesh protein is considered to contain water more certainly than raw flesh.

DISCUSSION AND SUMMARY

Canned crab is one of the important exports of Japan. Fundamental studies on the

processing of canned *Erimacrus isenbeckii*, a commercially feasible production of crabs, were carried out in the past[32]. Here, as fundamental studies on the processing of canned *Paralithodes camtschatica*, another kind of commercial production of crabs, the properties of the crab flesh have been studied and reported from the chemical and physico-chemical points of view.

The results obtained are summarized with addition of some supplementary interpretation as follows.

(1) It is remarkable that *Paralithodes camtschatica* flesh has larger amount of water-content and less of crude fat than that of fish flesh, but thre is no difference of the protein-content between the two sorts of flesh. The change in the chemical components before and after the peeling of the crab was observable in the result that the hard crab is more rich in the amounts of non-protein nitrogen and ash than the soft shell crab. As for the difference of the chemical components by parts of the crab body, the leg flesh is more rich in pure protein and crude fat contents and less so in non-protein nitrogen than the shoulder flesh.

(2) From the histological ovservation of leg flesh of *Paralithodes camtschatica*, in the flesh, the blocks of muscular fibre bundles are, respectively, surrounded by a thick layer of gelatinous tissue. This is different from the fish flesh, in which the muscular fibre bundles are distributed closely and uniformly throughout the gelatinous tissue. Therefore, when the crab flesh is soaked in water, and the blocks are deformed, the blocks show the characteristic of becoming easily separated.

(3) Upon examination of the solubility of *Paralithodes camtschatica* flsh protein, the following results were obtained.
(i) The greater part of the total amount of nitrogen was extractive nitrogen in water-soluble state. The amount of dissolved nitrogen of *Paralithodes camtschatica* flesh is larger than that of fish flesh. One of the causes of the fact may be the histological characteristics of *Paralithodes camtschatica* flesh as described above. (ii) As to the solubility of the nitrogenous compounds in the flesh by NaCl solution, the maximum solubility was shown at 0.7 Mol NaCl solution. This solubility is larger than that by dist. water. The difference of the solubility is considerd to show the presence of NaCl solution-soluble protein. The solubility of the protein of the boiled flesh decreases during processing of the heat coagulation of the protein. (iii) Although the amounts of the dissolved nitrogen are different according to kind of acidic or alkali concentrations, the amounts are largely affected by the hydrogen ion concentration. By HCl or H_2SO_4 solutions the flesh is acid coagulated, and the amount of the dissolved nitrogen decreases. On the contrary, by an alkali solution, such as NaOH solution, a remarkable amount of the nitrogen is dissolved.

(4) The minimum amount of dissolved nitrogen from *Paralithodes camtschatica* was shown at near pH 4.5. The maximum amount of coagulated protein was shown at pH

5.0 in the water-soluble protein and at 4.5 and 5.1 in 0.5 Mol NaCl solution soluble protein. From those results the isoelectric point of the proteins of *Paralithodes camtschatica* was concluded to face within the range of pH 4.5 ～ 5.1.

(5) As 0.5 Mol NaCl solution-soluble protein was considered to have two components on the basis of the isoelectric reaction, the presence of two components was confirmed by electrophoresis.

(6) The water-extractive solution from *Paralithodes camtschatia* flesh did not show streaming birefringence, on the contrary, the extractive solution obtained with Weber's solution (0.6 Mol KCl) showed clearly streaming birefringence. As to the streaming birefringence, the *Paralithodes camtschatica* flesh resembles fish flesh, and does not show the characteristic of squid meat from which the dissolution of myosins (including actomyosin) into water extract is observed. Therefore, myosins in *Paralithodes camtschatica* flesh protein were considered to dissolve out into salt solution, but not to disolve out into water-soluble fraction.

(7) *Paralithodes camtschatica* flesh shows the phenomenon of swelling in various salt solutions and in acid or alkali solutions.
(i) The flesh showed two peaks in each swelling curve at about 0.2 Mol and 0.8～1.0 Mol in the monovalent salts solutions, such as NaCl, KCl, NH_4Cl or in alkali Na-salts solutions, such as Na_3PO_4, $Na_2B_4O_7$ and Na_2CO_3. The fact that in the swelling curve of *Paralithodes camtschatica* flesh, a peak is shown at lower concentration at near 0.2 Mol, may be due to the holding affinity of water of the galatinous tissue surrounding the blocks of muscular fibre bundles. The swelling phenomenon at higher concentration, at near 0.8 ～1.0 Mol, may be due to the hydrating affinity of muscular fibre protein itself. (ii) The minimum swelling of *Paralithodes camtschatica* flesh was shown at pH 5, which is within the isoelectric range. (iii) In the acidic side below pH 4 and alkali side above pH 9, remarkable acid swelling or alkali swelling was observed.

(8) According to results obtained in examining heat coagulation of *Paralithodes camtschatica* flesh, when the crab flesh was cooked, the dehydrating phenomena accompanied by heat coagulation were observed.
(i) In the dehydrating curves, there were observed two stages at the ranges of 40°～65°C and 80°～85°C. From those results the presence of two kinds of heat coagulable proteins was assumed; the coagulating temperature of the former corresponds to that of the myosin, and that of the latter corresponds to that of the myogen. (ii) *Paralithodes camtschatica* flesh is dehydrated more easily than that of fish. As one descends in the scale of animal life, viz., fish, mollusca, crustacea and echinoderma, he finds that the amount of gelatinous tissue becomes aboundant in the flesh and more easy to dehydrate. (iii) The larger amounts of protein-nitrogen and amino-nitrogen were dissolved at 40° and 70°C, and the maximum ratio of dehydration was shown at pH 4.8, which is the isoelectric point of *Paralithodes*

camtschatica flesh. (iv) In the water-extract of *Paralithodes camtschatica* flesh, there was a protein heat-coagulated at 60°∼75°C, and in 0.5 Mol NaCl extracted solution, there were two kinds of protein heat-coagulated at 30°∼50°C and at near 60°C. (v) The heat coagulated protein in the water-extract is considered to correspond to myogen and to haemocyanin; in 0.5 Mol NaCl-extracted solution the proteins coagulated at lower temperature are considered to correspond to the myosin and that at higher temperature is considered to correspond mainly to the myogen.

Those results obtained agree with the results obtained from the contraction of muscular fibre of *Paralithodes camtschatica* flesh. The deteiled description will be presented in the next paper.

(9) The hydrating affinity of *Paralithodes camtschatica* flesh was examined by the estimation of the curve of water content, "g",—relative vapour pressure, P/P_0. According to the results obtained, the hydrating affinity of the fresh crab flesh resembles that of fish flesh. With the falling of the freshness of the crab flesh, the hydrating affinity weakens and the amount of water in free state increases. The hydrating affinity of boiled crab flesh is larger than that of raw flesh. But, the hydrating mechanism of the boiled crab flesh which was denatured by the heating is considered to be different from that of raw flesh.

Literature cited

1) Tanikawa, E., Nagasawa, Y. & Sugiyama, T. (1956-'57). *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 7 (3), 247; 7 (4), 300; 8 (1), 59; 8 (2), 115; 8 (3), 195.

2) Nagasawa, Y. (1958). Lectured in the Annual Meeting of the Jap. Soc Sci. Fish., April.

3a) Kosakabe, I. (1957). "*Nihon-Kanikanzume-Yushitsu-Suisangyo-Kumiai Hokohusho* 〔Rept. of the Association of Exporters of Canned Crab of Japan,〕 March (in Japanese).

3b) ―――――― (1957). *Ibid.* (2), June. (in Japanese).

3c) ―――――― (1957). *Ibid.* (3), November. (in Japanese).

4) Amano, K., Yamada, K., Bito, M. & Kaneko, I. (1957). "*Reito*" 〔The refrigeration, 32 (358), 1. (in Japanese).

5) Fukuhara, T. (1944). "*Suisanseizogaku-koza*" in Japanese, No 7, Chemistry of Crabs, Tokyo; Koseikaku.

6) Okamoto, S. (1944). "*Kanikanzumegyo-hattatsushi*" 〔Advance in processing of Canned crab〕 (in Japanese)

7) Shimoda, K. (1932). "*Yakugaku-zasshi*" 〔Jour. of pharmacology〕 52(9). (in Japanese).

8) Kondo, K. & Iwamae, H. (1932). *Jour. Chem. Soc. Jap.* 53(11), 1013. (in Japanese).

9) Okuda, Y. & Fujikawa, K. (1918). "*Nōgaku-kaiho*" 〔Journal of Agriculture〕 188. (in Japanese).

10) Matsui, H. (1916). *Jour. Coll. Agr., Tokyo,* 5 (4).

11) Tanikawa, E. & Ishiko, H. (1957). Unpublished.

12) Matsumoto, J. J. (1952). cited from Migita, M. (1952). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 18(10), 116 (in Japanese).

13) Fujii, Y. (1954). *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 5(3), 253. (in Japanese).

14) Tanikawa, E. (1955). *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 3(1), 1.

15) ―――― & Yamashita, I. (1957). Unpublished.

16) Haurowitz, F. (1950). *Chemistry and Biology of Proteins.* Chap. IV, 〔47p.〕 New York; Acad. Press.

17a) Migita, M. & Matsumoto, J. J. (1954). *Bull Jap. Soc. Sci. Fish.* 20 (7), 641.

17b) ―――― & ―――― (1958). *Ibid.* 23 (11), 704.

18) Okada, M. & Tada, S. (1954). *Ibid.*, 20 (3), 224. (in Japanese).

19) Takahashi, T. *et al.* (1957). *Bull.Tokai Regional Fish. Res. Lab.* (15), 95. (in Japanese).

20) Heighbegrer J. H. (1936). *Jour. Am. Leather Chem. Assoc.* 31, 345.

21) Okada, M. & Tada, S. (1953). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 19(3), 178. (in Japanese).

22a) Lloyd, D.J., Marriot, R.H. & Pleass, W.B. (1933). *Trans. Faraday Soc.*, 29, 554.

22b) ―――― & ―――― (1933). *Ibid.* 29, 1228.

23) Shimidu, W. (1943). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 12(2), 73. (in Japanese).

24) Takahashi, T. (1943). *Ibid.* 12(1), 35. (in Japanese).

25) Shimidu, W. (1943). *Ibid.* 12(3), 103. (in Japanese).

26) Akiba, M. (1951). *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 1 (3,4), 156.

27) Lewis, G.N. & Randall, M. (1923). *Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances*, Chap. XXII, 〔254p〕 New York and London; McGraw-Hill Book Co., Inc.

28) Higashi, K & Nukazawa, K. (1948). "Kagaku-no-Kenkyu" (Chemical Researches) 1, Biochemistry, 23. (in Japanese).

29) Akiba, M. (1951). *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 2 (3), 176-213.

30) Hatschek, E. (1936). *Trans. Faraday Soc.* 32, 787.

31) Ōyagi, Y. (1949). Lectured in the Annual Meeting of the Chem. Soc. of Japan in Hokkaido.

32) Tanikawa, E. *et al.* (1953). *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 4(1), 1; 4 (2), 123.

REPORT FROM THE "OSHORO MARU" ON OCEANOGRAPHIC AND BIOLOGICAL INVESTIGATIONS IN THE BERING SEA AND NORTHERN NORTH PACIFIC IN THE SUMMER OF 1955

IV. Diatom Associations as Observed by Underway Samplings[1)]

Kohei KAROHJI[2)]

Faculty of Fisheries, Hokkaido University

I. Introduction

During the cruise of the "Oshoro Maru" which participated in the Norpac project from June to August 1955, samples of surface plankton were taken while the ship was underway (Motoda & Fujii, 1956). Sixty-five stations were occupied on the outgoing track from Hakodate, Japan, to Seattle, Washington, U.S.A., with the ship following a meandering course through the greater part of the Bering Sea. On the homebound course samples were taken at thirty-seven stations directly traversing the North Pacific (Fig. 1). The instrument employed was the Handy Underway Plankton Catcher, Model II (Motoda, 1954), installed with a small conical net made of fine-meshed bolting silk, XX 13 (approximately 0.094 mm mesh size). It was not equipped with a current meter, so that exact quantitative studies were not possible. The approximate volume and weight of catches calculated for 20 minutes' tow have been given in the *Data Record* of that cruise (Anonymous, 1957, pp. 99-105).

The present studies have attempted to observe how the composition of diatom associations differs with localities, and to look for a relationship between the characteristics of the diatom associations and those of water masses. Since the analysis of oceanographic data on the 1955 cruise has not been completed, it is necessary to refer to the work of Uda (1935), Watanabe (1954), Fleming (1955) and Mishima & Nishizawa (1955) which deal with the hydrography of the various localities in the North Pacific and the Bering Sea.

The author wishes to express his sincere gratitude to Prof. S. Motoda, Asst. Prof. T. Kawamura, and Mr. M. Anraku for their kind guidance throughout the present studies. Thanks are also due to Captain T. Fujii and crew members of the "Oshoro Maru", likewise to the students and scientists on that cruise who assisted with collections at sea.

II. Results of Observations

Relative abundance of important species of diatoms in the samples is expressed in percentage of total diatoms present (Sts. 1-49 in Table 1, Sts. 50-65 in Table 2, and

---

1) おしょろ丸北洋調査報告 No. 12 (昭和30年度)

2) 唐牛公平，北海道大学水産学部浮游生物学教室，函館市港町

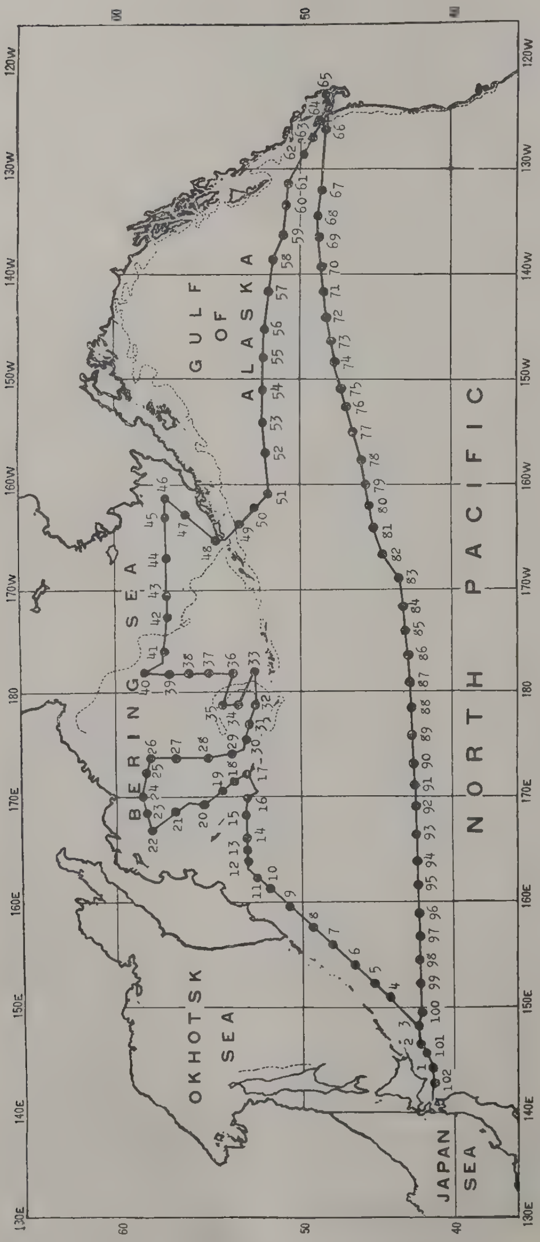


Fig. 1. Stations of underway plankton sampling occupied by "Oshoro Maru" on 1955 cruise

Sts. 66–102 in Table 3).

(1) Off Hokkaido (St. 1)

Oceanic species such as *Chaetoceros atlanticus* and *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* are most abundant, together comprising more than 70 per cent. The cold oceanic character of the water is reflected.

(2) Southeast off Kurile Islands (Sts. 2–9)

Similar associations are found, but the difference from St. 1 is the greater number of *Thalassiothrix longissima* and *Coscinodiscus* spp., reflecting the prevalence of cold Oyashio water. The similarity in plankton associations at these stations to those in western Bering Sea (ref. (3)) suggests that the Oyashio Current, at least a portion of it, is flowing from the Bering Sea (cf. Kawarada & Ohwada, 1957).

(3) Kamchatka side of the western Bering Sea (Sts. 11–13, 21, 22)

Thalassiothrix longissima is exceedingly dominant. In addition, a few *Rhizosolenia hebetata* f. *hiemalis*

are present. They are representatives of cold oceanic water.

(4) South of Komandorskii Islands (Sts. 14,15)

Differing from above-mentioned oceanic areas, the cold oceanic form, *Phaeoceros*, is more abundant (about 40%) than *Thalassiothrix*.

(5) Western Bering Sea from Cape Olyutorskii to Rat Islands and southeast of Kamchatka (Sts.10, 16-20, 23-28)

Southeast of Kamchatka (St. 10) and south of Cape Olyutorskii (Sts. 23-28) are exclusively dominated by subgenus *Hyalochaete* which is composed of *Chaetoceros debilis*, *Ch. radicans*, *Ch. compressus*, *Ch. seiracanthus*, *Ch. furcellatus* and *Ch. decipiens*. This fact indicates that these areas are strongly affected by cold neritic water. The associations in the west (Sts. 16-20) are represented by *Nitzschia seriata* with a certain number of *Hyalochaete*, this also indicating the neritic character of water.

(6) Western Aleutian Waters (Sts. 29-32)

Differing considerably from the previous reports in which *Hyalochaete* was mentioned as being most dominant in these waters (Aikawa, 1940; Motoda & Kawarada, 1955; Kawarada, 1957), the present observations show mixed associations of subgenus *Phaeoceros*, subgenus *Hyalochaete*, *Nitzschia seriata*, *Thalassiothrix longissima*, and *Denticula* sp. Among them, subgenus *Phaeoceros* is most numerous (about 40%); it is mainly composed of *Chaetoceros atlanticus*. Composition of associations varied considerably by stations.

(7) Amchitka passage (Sts. 33,36)

Amchitka Passage is densely populated by subgenus *Hyalochaete* in which *Chaetoceros debilis* is the most dominant constituent. *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* comprises about one-fifth of the total population. The dominance of neritic species and the density of the total population indicate the prevalence of neritic water.

(8) Central portion of the Bering Sea (Sts. 34, 35, 37-39, 41)

Sts. 34, 35, 37, 38 are located on the two sides of Bowers Bank; both sides are populated by *Rhizosolenia hebetata* f. *hiemalis* and *Thalassiothrix longissima*. On the other hand, *Rh. heb.* f. *semispina* is prevalent at St. 39, accompanied by *Chaetoceros concavicornis*. The form, *semispina*, is also prevalent at St. 41, but is accompanied by *Nitzschia seriata*. From this it is suggested that there is a trend towards the more oceanic types, progressively from south to north, on both sides of Bowers Bank.

(9) Northern Bering Sea (Sts. 40, 42)

St. 40 is populated by neritic associations such as *Hyalochaete* and *Nitzschia seriata*, showing a certain resemblance to the western area (Sts. 16-20), while St. 42 is populated by *Hyalochaete* and *Denticula* sp., showing oceanic influence (see discussion).

(10) Eastern Bering Sea and Bristol Bay (Sts. 43-47)

On the continental shelf of the eastern Bering Sea, the leading representative of diatom associations is subgenus *Phaeoceros*, in which *Chaetoceros concavicornis* is dominant,

followed by *Ch. atlanticus*, *Coscinodiscus* spp., *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* and f. *hiemalis*. In addition, in the inner part of Bristol Bay, *Melosira sulcata* is important, constituting slightly less than one-fifth of the total (Sts. 46,47). The dominance of the above-named diatoms indicates prevalence of cold water of oceanic nature at these stations.

(11) Around Unimak Island (Sts. 48, 49)

This area is characterized by a rich population of the neritic *Hyalochaete*, in which *Chaetoceros radicans* comprises more than 60 percent of the total. This is a proof of the prevalence of neritic water, which is probably supplied from the Alaskan coast.

(12) Gulf of Alaska (Sts. 50-63)

The Gulf of Alaska in general is occupied by such oceanic species as are found in the Bering Sea. The major constituents are *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*, *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros concavicornis*, *Ch. convolutus*, *Thalassiothrix longissima*, *Coscinodiscus* spp., *Denticula* sp. and *Fragilaria* spp. Sts. 50 and 51, located just south of Unimak Island, are entirely populated by *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* and *Nitzschia seriata*, while Sts. 61 and 62, more to the eastward, are dominated by *Phaeoceros*, and St. 63 by *Fragilaria* spp. These findings are considerably different from the data of Allen (1927), which indicated that the neritic species such as *Chaetoceros debilis*, *Ch. socialis*, *Skeletonema costatum* and *Eucampia zoodiacus* were common in the surface catches from Unimak Island to Vancouver Island in 1923.

(13) Strait of Juan de Fuca and Puget Sound (Sts. 64, 65).

Diatom associations are represented by *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus* spp. and *Thalassiosira* spp., indicating the neritic character of water. The first and the last species were previously reported from the adjacent waters of Puget Sound as representative constituents (Allen, 1924, 1927, 1930).

(14) Off Vancouver Island (Sts. 66, 67)

Skeletonema costatum and *Phaeoceros*, chiefly constituted of *Chaetoceros concavicornis* and *Ch. convolutus*, are representatives.

(15) Eastern portion of North Pacific (Sts. 68-81)

On the course between 133°W and 165°W oceanic diatoms are prevalent, among which *Nitzschia seriata* is the most abundant constituent at Sts. 68-72, followed by *Denticula* sp. and far less number of *Chaetoceros debilis*, *Ch. decipiens* and *Ch. seiracanthus*. *Thalassiothrix longissima* is most dominant at Sts. 73-81, together with *Coscinodiscus marginatus*, *Cos.* spp., *Chaetoceros atlanticus*, *Skeletonema costatum* and *Rhizosolenia styliformis* in certain numbers.

(16) Western portion of North Pacific (Sts. 82-95)

On the course from St. 82 to St. 91, i.e., from 160° W to 170°E, *Nitzschia seriata* is predominantly abundant; these stations are characterized by the appearance of warm water forms of *Phaeoceros*, such as *Chaetoceros peruvianus*, *Ch. coarctatus* (St. 90)

and *Ch. dadayi* (St. 91). Although these forms occur only in small numbers, their appearance may indicate that there is an influence of warm current. On the other hand, *Skeletonema costatum*, *Denticula* sp., *Nitzschia seriata* and *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* compose the greater part of the populations at Sts. 92–95, from 171°E to 160°E, with the exception of St. 93 where *Chaetoceros concavicornis* was exclusively found.

(17) More western portion of North Pacific (Sts. 96–102)

The course including Sts. 96, 97 and 101 is populated by *Hyalochaete*, consisting of such warm water species as *Chaetoceros lorenzianus*, *Ch. didymus*, *Ch. messanensis* and *Ch. decipiens*, which comprise as much as 75 percent of the total populations. These species have been reported to be common in coastal Kuroshio water near Japan (Marumo, 1957), and therefore, their occurrence may indicate the invasion of Kuroshio water at these stations. On the other hand, at Sts. 98–100, sandwiched between above stations, populations are exclusively composed of *Nitzschia* inclusive of *seriata*, *closterium* and *longissima*. At St. 100 *Denticula* sp., *Chaetoceros peruvianus* and *Skeletonema costatum* are also included. Thus these stations (Sts. 98–100) are of cold water nature.

The westernmost station (St. 102) is dominated by *Thalassionema nitzschioides*, and warm water oceanic forms, such as *Chaetoceros coarctatus*, *Climacodium Frauenfeldianum* and several species of *Hyalochaete*. This probably indicates the influence of the warm Tsugaru Current flowing out from Tsugaru Straits.

III. Discussion

In the Bering Sea and Kurile waters, the present samples, in general, include cold water diatoms that have been reported previously (Cleve, 1883; Aikawa, 1932, 1935, 1936; Kanno, 1936; Aikawa, 1938, 1940; Yanagisawa, 1942; Tsuruta & Chiba, 1954; Motoda & Kawarada, 1955; Marumo, 1956).

Cleve (1883) reported a number of pennate diatoms from East Cape, west coast of Bering Straits, but these diatoms are scarce in the present offshore samples. *Rhizosolenia hebetata* f. *hiemalis* is known to prefer colder water when compared with another form, *semispina*. It is found in the present observations that the former form is restricted to the cold region in the Kurile Chain area and the Bering Sea, as has been reported by Marumo (1956).

The microplankton observations based upon dip-water samplings made on the present cruise have been reported by Kawarada (1957). There are some inconsistencies between his data and the present observations. He reported that the western Bering Sea is widely dominated by *Nitzschia seriata*, showing neritic nature of water, but in the present underway samples the populations of diatoms are greatly dominated by *Thalassiothrix longissima* on Kamchatka side. Also in the central portion of the Bering Sea, *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* and *hiemalis* and also *Thalassiothrix longissima* are

predominant in the present samples, while Kawarada (1957) reported that *Denticula* sp. is widely prevalent there. Dominance of this species is found only at St. 42 in the present observations. These inconsistencies may have resulted from differences in depth of samplings. The present samples were obtained with the underway sampler which may have been towed at a depth of several feet, while the samples by dipping were collected at the very surface.

On the other hand, the results obtained by net hauls of 0–50 meters on hydrographic stations of the present cruise also vary greatly from the results of both the underway samplings and dip-water samplings (Karohji, 1958). Comparing the data obtained from the three sampling methods used on this cruise, it is suggested that: (1) *Hyalochaete* tends to be concentrated in the surface layer, decreasing in the subsurface water, as observed near the south of Cape Olyutorskii (Sts. 23–28) and also at Amchitka Passage (Sts. 33, 36); (2) *Chaetoceros didymus* occurs scarcely in the surface water around Unimak Island (Sts. 47, 48) but in greater abundance in subsurface water, and (3) at St. 10 *Chaetoceros furcellatus* predominates in rather deep water, and does not appear at the surface (cf. St. Os 13, in Kawarada, 1957). The last species is known as a boreo-arctic form and thus as a shade form in the southern area.

From the results of the present observations, it is suggested that the neritic areas represented by *Hyalochaete* cover (1) southeast of Kamchatka, (2) western Bering Sea from Cape Olyutorskii to Rat Islands (along longitude 174°E), (3) Amchitka Passage, (4) central portion (Sts. 40, 42) of northern Bering Sea and (5) coast of Alaska Peninsula (Sts. 48 49). Among them the areas southeast of Kamchatka (1) and western Bering Sea (2) are cold regions as suggested by the presence of a boreo-arctic species, *Chaetoceros furcellatus*. Moreover, the area in the western Bering Sea populated by a neritic form *Nitzschia seriata*, is suggested to be somewhat different in nature from other neritic areas.

Oceanic nature of water is suggested in areas such as: (1) Kamchatka side of western Bering Sea as represented by *Thalassiothrix longissima*, (2) central Bering Sea as represented by *Thalassiothrix longissima* and *Rhizosolenia hebetata*, and (3) eastern Bering Sea and Bristol Bay as represented by *Phaeoceros*.

There is found a restricted area south of the Komandorskii Islands where an isolated population of *Phaeoceros* exists. Kawarada (1957) also observed such isolation of cold nature association in this area and suggested that an upwelling of deep cold water may be taking place.

Along the course between latitudes 41°N and 49°N in the North Pacific, diatom associations are in general of the cold water type as far as to longitude 160°E from the west coast of North America. Marumo (1955) reported similar associations along latitude 40°N for about the same range of longitudes in May–June 1954.

According to the statement of Fleming (1955), general patterns of water masses in

the northern Pacific are considered as follows:

Boreal Zone: Kamchatka - Kurile coastal region
Western gyral region
American coastal region
Alaskan coastal region
Alaskan gyral region

Subarctic Zone: Subarctic water region

From the present observations on the surface microplankton, the nature of water in the above masses may be discussed as follows: (1) in the region of mixing of Kuroshio and Oyashio, west of long. 159°E, the Kuroshio component exceeds the Oyashio component in the areas 157°E-159°E and around 146°E as reflected by the prevalence of the warm water forms of *Hyalochaete*. In the waters between 146°E and 157°E the diatom associations are represented by *Nitzschia* spp., *Denticula* sp., *Skeletonema costatum* and some others which indicate the prevalence of the Oyashio component. (2) Subarctic water which covers the greater part of the North Pacific, 131°W-162°E, is indicated by the presence of cold oceanic diatoms, but there is a warm oceanic diatom association in the region between 172°E and 166°W indicating the invasion of the Kuroshio extension. These facts possibly reflected the meandering of Kuroshio extension. (3) The region of the Alaskan gyral is represented by cold water *Phaeoceros*, as in the region of Subarctic water. The associations of diatom there indicate that the water is much colder than in the Subarctic water region. Fleming (1955) stated that the Subarctic water splits into northern and southern branches off America approximately at 50°N in the summer. The course of the ship ranging between 49°N and 52°N may correspond to the northern portion of the Subarctic water mass. (4) The Puget Sound region is represented by neritic diatoms as reported by Allen (1924, 1927, 1930).

IV. Summary

The distribution of diatoms in the surface waters of the Bering Sea and the northern North Pacific was observed from materials obtained by underway samplings on the "Oshoro Maru" cruise in the summer of 1955.

Oceanic populations are prevalent in Kurile waters and in the westernmost part, central part and on the eastern shallow shelf of the Bering Sea. The representative species are *Thalassiothrix longissima, Rhizosolenia hebetata, Denticula* sp., *Coscinodiscus* spp., and *Phaeoceros* (mainly *Chaetoceros atlanticus, Ch. concavicornis* and *Ch. convolutus*).

Neritic populations are observed in the western part and north-central part of the Bering Sea, east of southern Kamchatka, and on the coast of Alaska Peninsula in Bristol Bay. The representatives are *Hyalochaete*, consisting of *Chaetoceros debilis, Ch. radicans,*

Ch. seiracanthus, *Ch. furcellatus* and *Ch. decipiens*. *Skeletonema costatum* is dominant on the coast of the State of Washington.

Mixed associations of oceanic and neritic forms are found in the western Aleutian waters.

The greater part of the northern North Pacific is also occupied by cold oceanic diatom associations which include *Nitzschia seriata* as a representative species. In addition, *Skeletonema costatum* is common in the western portion.

Warm water forms of *Hyalochaete* (*Chaetoceros lorenzianus*, *Ch. didymus*, *Ch. messanensis*) and several other warm water species are prevalent west of longitude 159°E. However, *Nitzschia* associations (*N. seriata*, *N. closterium* and *N. longissima*) are found in a certain isolated place, indicating the invasion of cold water.

Literature cited

Aikawa, H. (1932). On the summer plankton in the waters of the west Aleutian Islands in 1928. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 1 (2), 70-74. (in Japanese).

——— (1935). On the quantitative analysis of the plankton associations in adjacent seas of Japan III. *Jour. Imp. Fish. Exp. Sta.* (6), 131-172. (in Japanese).

——— (1936). The planktological properties of the principal sea areas surrounding Japan. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 5 (1), 33-41. (in Japanese).

(1938). On the quantitative analysis of the plankton associations in the adjacent seas of Japan V. *Jour. Imp. Fish. Exp. Sta.* (9), 67-86. (in Japanese.)

——— (1940). On the plankton associations in the Bering Sea and the Okhotsk Sea. *Kaiyô-Gyogyô.* 5 (1), 20-31. (in Japanese).

Allen, W. E. (1924). Surface catches of marine diatoms and dinoflagellates made by U.S.S. "Pioneer" between San Diego and Seattle in 1923. *Univ. Calif. Publ. Zool.* 26 (12), 243-248.

(1927). Surface catches of marine diatoms and dinoflagellates made by U.S.S. "Pioneer" in Alaskan waters in 1923. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Tech. Ser.* 1 (4), 39-48.

——— (1930). Quantitative studies of surface catches of marine diatoms and dinoflagellates taken in Alaskan waters by the International Fisheries Commission in the fall and winter of 1927-1928 and 1929. *Ibid. Tech. Ser.* 2 (10), 389-399.

Anonymous (1957). *Data record of oceanographic observations and exploratory fishing.* (1), 247p. Faculty of Fisheries, Hokkaido University.

Cleve, P. T. (1883). Diatoms collected during the expedition of the "Vega". *Vega-Exped. Vetensk. Arbet. Iakttag.* 3, 457-517, pls. 35-38.

Fleming, R. H. (1955). Review of the oceanography of the northern Pacific. *Bull. Intern. N. Pac. Fish. Com.* (2), 1-43.

Kanno, R. (1935). The distribution of plankton during the summer in the south Okhotsk Sea and on the coast of Kamchatka. *Jour. Fish., Hakodate Coll. Fish.* (38), 22-32. (in Japanese).

Karohji, K. (1958). Report from the "Oshoro Maru" on oceanographic and biological investigations in the Bering Sea and northern North Pacific in the summer of 1955 IV. Diatom standing crops and the major constituents of the populations as observed by net sampling. *Bull. Fac. Fish.*,

Table 2. Relative abundance of diatom species in each sample – Gulf of Alaska (percent of cell number)

Species \ Station no.	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
Corresponding no. of hydrographic station(Os)	36	37														
Chaetoceros atlanticus Cleve	1		2	2	2	2	5	3								
Ch. concavicornis Mangin		4	14	39	27	3	2	5	11	10	17	83	56	3	1	+
Ch. convolutus Castracane	5	5	7		8	1		4				13	18	1		
Ch. compressus Lauder																1
Ch. constrictus Gran		1														+
Ch. debilis Cleve	12	8														2
Ch. radicans Schütt		1						1							1	1
Corethron hystrix Hensen			1						2							
Coscinodiscus spp.			1				24	8	4	2	14		+	1	93	16
Denticula sp.	12	1	26	42	42	47	18	3	3	3	7		20	3		+
Eucampia zoodiacus Ehrenberg																1
Fragilaria oceanica Cleve					1	3							1	75		
F. spp.					1		6		6	3	11					
Licmophora spp.									3							
Nitzschia seriata Cleve	52	42	43	16	16	30	19	21	27	63	16	2	4	16		+
N. longissima (Brebisson) Ralfs							+				3		+			+
N. delicatissima Cleve						4										
N. paradoxa (Gmelin) Grunow						5										
Rhizosolenia alata Brightwell							+		+							
Rh. alata f. *inermis* (Castracane) Hustedt		1	1						+							
Rh. alata f. *curvirostris* Gran									+							
Rh. styliformis Brightwell		+	+						+		5					
Rh. hebetata f. *semispina* (Hensen) Gran	8	37	4	1	2	5	+	2	2	1				1		
Rh. hebetata f. *hiemalis* Gran		+	1		+		+		1							
Skeletonema costatum (Greville) Cleve															5	31
Thalassiosira decipiens (Grunow) Jörgensen																45
Th. nordenskiöldii Cleve																2
Thalassiothrix longissima Cleve & Grunow					1		26	53	39	18	23	2				
Tropidoneis spp.											4					

Hokkaido Univ. 8 (4), 243-252.

Kawarada, Y. (1957). A contribution of microplankton observations to the hydrography of the northern North Pacific and adjacent seas II. Plankton diatoms in the Bering Sea in the summer of 1955. *Jour. Oceanogr. Soc. Jap.* 13 (4), 151-155.

——— & Ohwada, M. (1957). Ditto I. Observations in the western North Pacific and Aleutian waters during the period from April to July 1954. *Jap. Meteorol. Agency* 9 (1), 149-155.

Marumo, R. (1955). Analysis of water masses by distribution of the microplankton (1) Distribution of the microplankton and their relation to water masses in the North Pacific Ocean in the summer of 1954. *Jour. Oceanogr. Soc. Jap.* 11 (3), 133-137.

——— (1956). Diatom communities in the Bering Sea and its neighbouring waters in the summer of 1954. *Oceanogr. Mag.* 8 (9), 69-83.

——— (1957). Plankton as the indicator of water masses and ocean currents. *Ibid.* 9, 55-63.

Mishima, S. & Nishizawa, S. (1955). Report on hydrographic investigations in Aleutian waters and the southern Bering Sea in the early summer of 1953 and 1954. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ*. 6 (2), 85-124.

Motoda, S. (1954). Handy underway plankton catchers. *Ibid.* 5 (2), 149-152.

——— & Fujii, T. (1956). Report from the "Oshoro Maru" on oceanographic and biological investigations in the Bering Sea and northern North Pacific in the summer of 1955 I. Programme of investigations and records of eye observations of sea birds and marine mammals. *Ibid.* 6 (4), 280-294.

——— & Kawarada, Y. (1955). Diatom communities in western Aleutian waters on the basis of net samples collected in May-June, 1953. *Ibid.* 6 (3), 191-200.

Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. & Fleming, R. H. (1942). *The oceans, their physics, chemistry and general biology.* 1087p. New York.

Tsuruta, A. & Chiba, T. (1954). On the distribution of plankton at the fishing ground of salmons in the North Pacific, 1952. *Jour. Shimonoseki Coll. Fish.* 3 (3), 39-45.

Uda, M. (1938). Hydrographical fluctuation in the north-eastern sea region adjacent to Japan of North Pacific Ocean. *Jour. Imp. Fish. Exp. Sta.* (9), 1-66.

Watanabe, N. (1954). A report on oceanographical investigations in the salmon fishing grounds of the North Pacific, 1952 and 1953. *Tokai Reg. Fish. Res. Lab. Spec. Publ.* (3), 1-5.

Yanagisawa, T. (1942). Plankton in the vicinity of Kurile Islands. *Jour. Oceanogr., Kobe Mar. Obs.* 13 (3), 730-738. (in Japanese).

北太平洋におけるサケマス漁場の研究
（主として46°N以南海域）

前　田　辰　昭
（北海道大学水産学部遠洋漁業学教室）

Study on the Salmon Fishing Grounds in the North Pacific Ocean

Tatsuaki MAEDA

Abstract

Studies on the salmon fishing grounds in the North Pacific Ocean have been carried abundantly by the mother ships except in the area under 46° N line.

Being entrusted with an assignment by the Fisheries Agency, Ministry of Agriculture and Forestry, Government of Japan, the author investigated sea condition, fish movement etc. in the area under 46° N line from May to July, 1956.

The results obtained may be summarized as follows:

(1) The area around 167° E is found to be the mixture point of cool water which flows south along the Kamchatka Peninsula from the Bering Sea, the Kuroshio running eastward and the its two branches flowing north around 160° E, 170°～180° E. Consequently good fishing ground is formed around this area.

(2) Dog salmon appears at first in this area in May, then red salmon follows and they become abundant in quantity in late May. Lastly pink salmon appears and gathers in the middle of June.

With the passage of fishing time flies they move north-westerly.

(3) The south limits of distribution of red salmon are around 43° N line in early May at 6°C water temperature. In middle and late May, they appear around 45° N line then arrive at 46° N line in June.

(4) Dog salmon migrate widely as compared with red salmon. The southern limits of distribution of dog salmon are around 42° N line in early May. In the middle and late of May, they appear around 45° N line and then arrive at 46° N line in June.

I　緒　　言

北太平洋のサケ・マス漁場に関する究研は古くから行われ，その資料も少くない。特に戦後は国際的な問題が多く，それに伴つてこの方面の研究も盛んに行われている。しかしそれらの多くは母船式操業海域に限られ，46°N以南海域のこの種研究は極めて少いようである。

本研究は著者が1956年に水産庁で実施した46°N以南海域における調査に参加し，その際に得たサケ・マスに関する海況，漁況並びに洄游魚群の組成等の資料について検討したものであるが，それらを個々に扱かつたものではなく，漁場構成について総括的に解析したものである。

この研究によつて同海域には部分的にではあるが相当量のベニサケ，シロサケ及びカラフトマス等の洄游が認められた。しかしベニサケ，シロサケは共に未熟な若令魚が魚群の主体をなしており，資源保護の見地から，また漁業の企業的な面からも同海域を漁場として選定することはかなり問題がある。なお毎年7月末頃にカムチヤッカ東方に現われるベニサケ及びシロサケの小型未熟群の洄游についてはこれまで明かでなかつたが，その魚群は，同海域から北西に洄游する群であることがわかり，またベニサケ，シロサケが5月から6月にかけて游泳する南限についても明かにすることができた。

本文の取纏にあたり，研究上の御便宜を与えられた水産庁栃内万一氏並びに現地で直接調査の指揮をとられ種々御援助を賜つた山平喜一郎氏，調査にあたり終始協力された調査船第5松栄丸，第21明石丸，第31東海丸，第31大漁丸，香取丸，第6日進丸，第21日進丸，第22日進丸，第23新生丸及び第5興洋丸の各調査員並びに乗組員諸氏，資料の整理に尽力された野口かの嬢，研究上色々と有益な御教示を賜わつた北海道大学水産学部斎藤市郎教授，同上野元一助教授に対し衷心より厚く感謝の意を表する次第である。

II 資料及方法

この資料は1956年4月30日より同6月20日に亘る期間に調査して得たもので，海域は北太平洋の38°N以北50°NまでのAからJに至る10海区で（Fig. 1），調査の前半はこれらの海区を全般的に把握する意味から各海区毎に1隻の調査船を配し，後半には同海域の概要を知り得たので各船を集結してF及びGの両海区に重点をおいた。なお5月にはK海区の一部をも調査した。

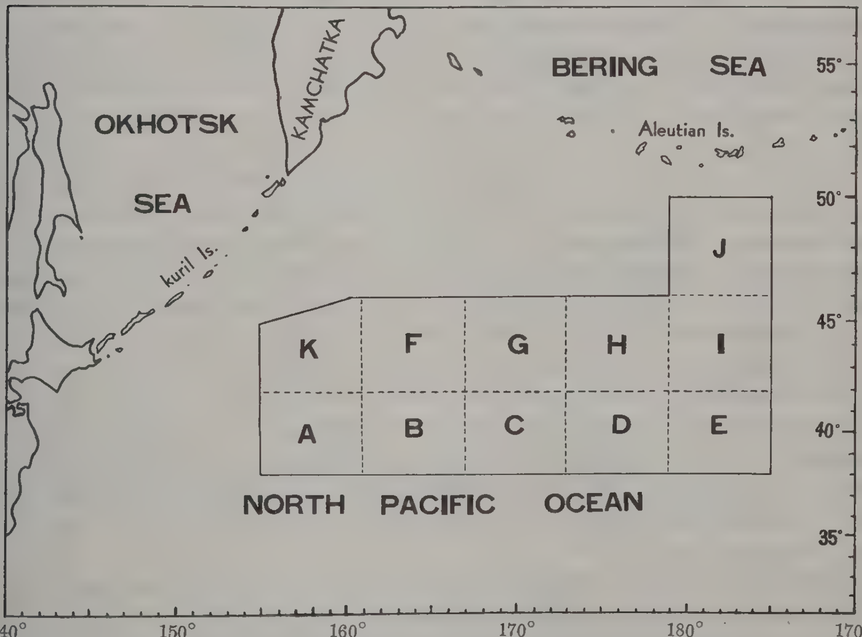


Fig. 1. Area of the studies in the North Pacific Ocean

各船は表面水温，B.T.による150m層までの垂直水温，水色及び透明度等の観測を行い，さらに流網を用いて漁獲試験をなし，それによつて漁獲したものゝ中から無撰択に標本を抽出し，船内にてたゞちに魚体測定を行つた。漁獲試験には表層流刺網を用い，目合は各船共3.9寸目，4.0寸目，4.1寸目で，第5松栄丸のみは特に3.0寸目，3.5寸目の特殊なものをも使用した。海流の測定は風浪の少い日を選び，天測による流網の投網位置及び揚網位置の変位より算出した。

III 結果及考察

1 海　況

本海区の海況については水温，水色，透明度，海流等の観測を実施した。その取まとめ方法は4月30日から5月30日までは5日毎に，5月31日以降6月19日までは2日毎に同一図に示した（Fig. 2－A～P）。

水温は0，10，25，50，100m の各層における水平分布を調べたが，同海域は低気圧の影響をうけることが多く，したがつて風浪のため表層水と中層水との混合が行われるもののごとく，表層から100m 層に至る水温変化が少く，各層の水平分布は表層のものとあまり違つていない。それゆえ本研究では表層水温の分布を主とし，これを図示することにとゞめた。

5月上旬（Fig. 2－A，B）冷水塊は160°E及び170°E附近において南に張り出し，4°Cの等温線は160°Eでは46°Nにあり，その東側では北に延び170°Eでは舌状に44°Nまで南下し，さらに北北東に向かえ，180°Eでは50°N附近に達している。他の等温線もこれとほゞ同様であつて，曲折はあるが概して西南西から東北東に延びている。表面水温は46°N線で3°～7°Cを示し，垂直分布は表層から100m層に至るまでほとんど変化は認められないが，100m層以深は全般的にいくぶん低めになる。透明度は11mから16mを示し，等温線の分布と似ているが，160°E附近は一般に低く，3°Cの水帯では11mであつた。海流は概して東流が観測され，冷水塊が張り出している160°E及び170°E附近においては共に東または南東の流がみられ，流速は0.2ノットから1.3ノットである。

5月中旬（Fig. 2－C，D）前旬と大きな差はみられないが，水温は全般的に高めで170°E附近において北から南に張り出していた冷水塊は多少後退して北側にあり，東に広がつている。また冷水塊は50°N，180°E附近にも認められ，北から南に延びていた。これらの両冷水塊の中間175°E附近には南から北に押している高温帯があり，4°Cの等温線は舌状に北西方向に北上している。垂直分布は前旬ににているが，冷水塊が現われている46°N，170°E附近では100m以深に2°～3°Cの中冷層がみられた。透明度は水温とにた分布を示し，冷水塊の周辺では低くなつている。海流は大体等温線と平行に東へ向つており，特に南側の高温帯においてその傾向が著るしい。流速は0.5ノット内外である。

5月下旬（Fig. 2－E，F）5月上旬には卓越した冷水塊が170°E附近にあつたが，下旬には変化して5°Cの水帯は46°N線に沿い，全海域とも昇温していたが，4°Cの水帯は46°40′N，168°E附近と50°N，180°E附近に残つていた。これは当期間に入つて天候が回復したことに起因するようで，浅層と深層との混合が緩慢になつたためであらう。天候の回復に伴う影響は水温の垂直分布にもみられ，これまで水温変化の少かつた100m以浅に明瞭な中冷層が認められた。なおこの期間には5月上旬に175°E附近を北方に押していた高温で透明度の高い水帯は一層顕著になつていた。

6月上旬（Fig. 2　G～K）当期間の海況は前旬と殆んど同じで，冷水塊の中心は168°E附近にあり，165°Eから170°Eまでの間では5°Cの等温線が46°N線に沿つて分布している。150mまでの垂直水温の分布をみると，167°E附近の46°N以南には表面水温より約1°C前後高温な中温層が100m附近にあり，また46°N以北には150mで2°C位の中冷層が認められ，46°N線は黒潮と冷水塊との合流地点になつていたと考えられる。

6月中旬（Fig. 2－L～P）この期間は調査海区が狭いため全般的な海況は不明であるが，高気圧の影響で晴天平穏な日が続き，表面水温の上昇が目立つて46°N線でも6°Cの水帯がみられるようになつた。垂直水温の分布をみても上下層の混合が少いため表層から30m位までは垂直水温の傾度が大きく，それ以深150mまではあまり傾度は認められない。なお5月上旬に46°N，170°E附近に顕著に張り出していた冷水塊は東西に多少の変位を生じながらも46°N，167°E附近に依然として存在していた。

以上の結果から同海域には寒流と暖流とからなる5つの水塊が流動していることが明かとなつた。すなわち

a．45°Nの160°Eから170°Eに至る海区に北方から南に向つて張り出している寒流系水塊。

b．50°N，180°E附近を北から南に延びている寒流系水塊。

c．45°N以南海域を東流する黒潮。

d．45°Nの160°E線の西側を北上する暖流。

e．170°Eから180°Eにわたる海区には175°E附近を中心として南から北に押している暖流がある。

次にこれらの水塊について考察してみると，45°Nの160°Eから170°Eに至る海区にみられる寒流系水塊はベーリング海よりカムチヤッカ半島東岸を通つて南下し，さらに南東に転流して同海域に来流したものと推定される。横山[1,2]，中島[3]及び駒橋[4]，凌風丸[5]の両観測等の結果によると，太平洋側のオンネコタン及びカムチヤッカ半島南部近海は松輪島以南に比して著しく高温で，垂直断面においても中冷層の範囲が狭小である。また宇田[6]は1934年8月の資料について，オンネコタン海峡の南東に高温帯があり，その北東にはカムチヤッカ半島から南東に延びて46°N，162°E附近に達する中冷層か存在していることを示している。従つて春から夏にかけてはベーリング海からカムチヤッカ半島東岸に沿つて南下する寒流は，一部は千島列島沿いに南西に流れ，オホーツク海より千島列島の中部を抜けて流出する水塊と合流して北海道東方海域に達すると考えられるが，他の一部はカムチヤッカ半島東岸を南下し，しだいに向を変えて南東に張り出すもののごとく，岡本[7]，田口[8]によつても同様の推定が行われている。この冷水塊は5月上旬170°E附近において最も強く，表面では4°Cの水帯が42°30′Nまで張り出し，100mの深層においてはさらに顕著で41°N附近まで南下している。50°N，180°E附近にみられた冷水塊はベーリング海からアリューシャン西部の海峡を抜けて南下したものの如く考えられ，田口[8]の報告とほぼ同様である。

黒潮については水温，透明度，海流等から判断すると，大体東北東に向つて流れていると推定され，165°Eから170°E間の黒潮の北端は5月上旬には42°N附近にあり，6月上旬には46°N附近にみられ寒流系水塊と顕著な潮境を形成している。45°Nの160°E以西の暖流は南方から北方に向かつて延びているが，その周辺の資料が乏しいため分布は判然としない。しかし鳥居[9]は同年7月中旬の海流について160°E附近を千島列島沿いに南から北に押している高温帯のあることを示しており，また岡本[7]も同様な結果を報告している。これらのことから45°Nの160°Eの以西には南方から北方に流れる黒潮の分岐流があるものと推定される。

次に170°Eから180°Eにわたる海区を南から北に延びている暖流については，5月上旬にその中心は175°E附近にあり，4°Cを示す北側の先端は50°N附近にあつてしだいに北方に移動していると考えられる。田口[8]はこの水塊について東流する黒潮の北側にあつて北及び北西方向に流動し，さらにコマンドルスキー南沖を通つてカムチヤッカ半島に達すると述べ，また小藤[15]はアリューシャン列島の南側には東から西に流れるアラスカ海流があることを示しており，南から北上する黒潮分岐流はアラスカ海流の影響を受けて次第に北西方向に向うものと判断される。

以上本海域の水塊の流動について考察を加えたが，春から夏にかけては黒潮が勢力を増し，寒流が後退する季節となるので東流する黒潮と170°Eから180°E間を北上する黒潮分岐流及び160°Eの西側を北上する黒潮の分岐流とは共に発達して5月上旬に160°Eから170°E間に広く張り出していた冷水塊を北方に圧縮し，6月中旬に至ると46°N線では僅かに167°E附近に残すのみとなる。著者の資料の関係で6月中旬以降の海況は不明であるが，田口[8]によるとこの冷水塊はさらに圧縮されて7月には51°N附近まで後退し，8月上旬にはカムチヤッカ半島シプンスキー岬附近まで押されるという。

2　漁　　況

（1）概　　況

漁況は海況と密接な関係があることから，この二つの関係を知る意味から同一図に記載して検討した（Fig. 2—A～P）。同図には操業地点とベニサケ，シロサケ，カラフトマス及びギンサケ等の各種の合計漁獲を反当りの罹網尾数にて示した。

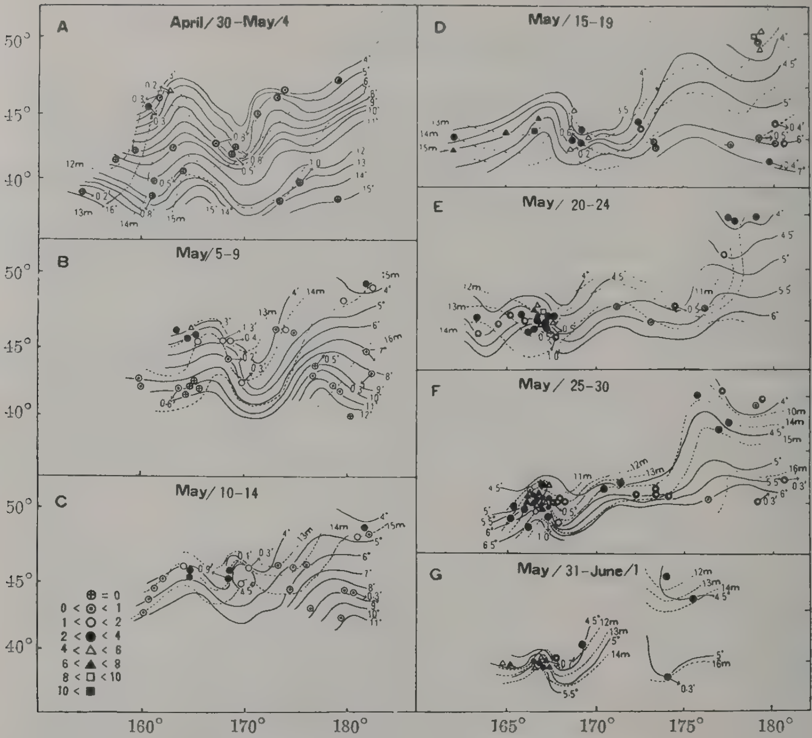
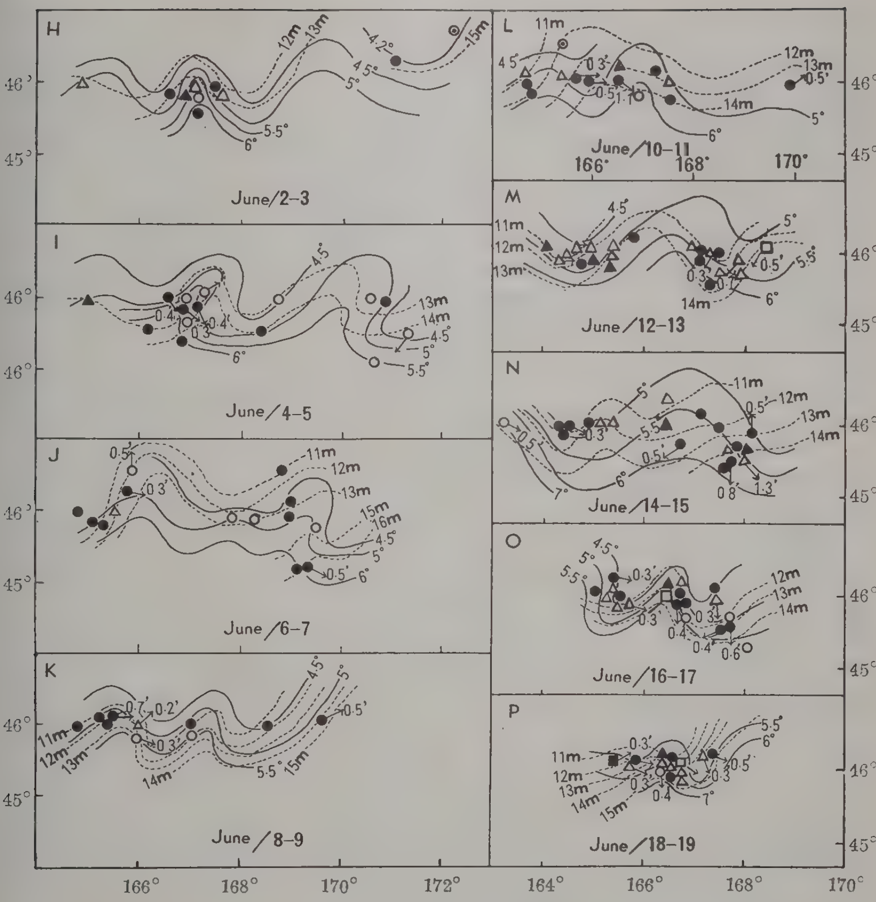


Fig. 2. Relation between water temperature, transparence, current of the sea surface and catch of salmon
Mark ; number of catch per one shackle and location of salmon gill-net set
Arrow and number ; direction of current and mean velocity by knots

5月上旬（Fig. 2 -A，B）最初は広範囲の資料を得るために魚群の濃淡に関係なく操業したため，魚群の濃度や広がりを把握することは出来なかつた。ただ冷水塊が舌状に張り出していた160°E及び170°Eの中間附近において反当り2～6尾の漁獲があり，やや濃い群が洄游していたように思われた。50°N，180°E附近にも一つの群があり，先の群より薄く反当り2尾位の漁獲であつた。これら2海区の漁獲はほとんどシロサケによつて占められ，5月上旬の洄游群はシロサケが主体であるごとく推定される。

5月中旬（Fig. 2－C，D）冷水帯の張り出し部は前旬に比して多少東に偏し，その影響で魚群の分布も変つて，漁場は46°N，168°E附近に移つている。漁獲は4°～5°C水帯において反当り5尾内外を得ており，最も多い時にはシロサケを主とした12.3尾をかぞえた。50°N，180°E附近の漁獲は前旬とほゞにているが最高反当り8.6尾を示した。

5月下旬（Fig. 2－E，F）この期間にはカラフトマスは少いが，ベニサケとシロサケを主とした漁獲が多い。好漁場は前回と同様冷水塊と黒潮の接触によつて潮境をなしていた46°N，168°E及び50°N，180°E



附近の両海区で，4°〜6°Cの水帯に濃群がみられた。

6月上旬（Fig. 2―G〜K） 6月に入つてからは調査海区が急に狭められ，F及びG海区のみで局部的な資料となる。当海区は共に5月に最も濃い魚群が出現した漁場であつたが，この期間に入ると水温の上昇につれてベニサケとシロサケの魚群は北上して薄くなり，したがつてこれら魚種の漁獲は減少する。しかしカラフトマスの増加が目立ち，これまでの漁獲尾数が反当り1尾程度だつたものが2尾ないし3尾となる。

6月中旬（Fig. 2―L〜P） 5月末から6月上旬にかけて一時的に減少した漁獲は，この期間に至つて再び増加してくる。これはベニサケ，シロサケ群の減少にもかかわらずカラフトマスの魚群が急激に増加するからである。しかし当期間の終り頃になるとこれまで167°E附近に強く張り出していた冷水帯が，黒潮の増勢によつて後退し，さらに日射の影響で昇温するためカラフトマスの主群は46°N以北に移動し，46°N以南では漁獲が著しく減少する。

次にこれらの漁況に基き魚種別の洄游並びに分布について記述する。

(2)　ベニサケ

5月上旬は38°N，50°Nの緯度線と154°E，178°Wの経度線で囲まれた海域の表面水温3°Cから16°Cにわたる範囲の水帯において漁獲試験を行い，魚群の分布を調べた。それによるとベニサケは6°C以上の高温帯にはまつたくみられず，6°C以下の冷水帯にのみ分布していた。濃度は稀薄で漁獲率は反当り1尾以下であつた。中旬になるといくぶん濃度を増し，ベーリング海より張り出している4°Cの冷水帯がみられた50°N，180°E附近において反当り2尾程度を，また46°N，170°E附近でも冷水塊と黒潮によつて生じた4°～5°Cの潮境において3尾程度の漁獲があつた。下旬には冷水塊の後退が顕著となり，表面水温は全般的に上昇して4°Cの水帯は50°N，180°E附近にわずかに認められるだけとなる。したがつてベニサケも北上し，50°N，180°E附近では漁獲が減少する。一方170°E附近の冷水塊は北西に偏し，168°E附近において最も強く，その西側では等温線が彎曲して5°Cの等温線は北方に突出している。ベニサケ群はこの5°Cの水帯に集まり，46°N，167°E附近に密で反当り3.8尾を示した。

6月上旬になると晴天平穏な日が続いたため表層附近の昇温がめだち，5月中旬から下旬にかけて濃度を増していた魚群は6月の初めを境としてしだいに北上し，漁獲も6月1日の4.2尾の擢網率をピークとして減少する。そして46°N，167°E附近の冷水塊の張り出し部においても反当り1尾内外の漁獲を示す程度となり，同中旬になつて6°C台の水帯が46°N以南海域を支配するようになると魚群は一層稀薄となる。

以上の結果からこの年の北太平洋におけるベニサケ分布の南限が明かとなつた。すなわち5月上旬は6°Cの等温線が現われていた43°N線が南限となり，中旬及び下旬には北方に移動して45°N線となつて，6月上旬，中旬にはさらに46°N線になると推定される。

また同海域のベニサケの洄游については明確な径路を捕捉することはできなかつたが，46°N以南におけるベニサケ漁獲の位置的変化から魚群の移動を判断すると，冷水塊の後退と一致していることがわかる。これは魚群の洄游と海況とが密接な関係を有することを示すもので，この観点からベニサケの洄游径路を推定すると，5月上旬は45°N，170°E附近の冷水塊が舌状に張り出している附近を中心として薄く分布し，その後冷水塊の後退に伴つて北上して，5月中，下旬には密度を増して46°N，167°E附近にみられ，6月以降はさらに北または北西に洄游して，8月にはカムチヤッカ半島東岸に到達すると考えられる。田口[10]は1955年における母船式の操業結果から，カムチヤッカ河へ洄游する魚群によつて構成される漁場の動きは明かでないが，カムチヤッカ半島西海岸への洄游群と，7月末に50°N，167°E附近に現われた小型未熟魚との2系統があることを示している。しかしこの小型未熟魚の来游径路については明かにしていない。ところがこの海域の46°N，167°E周辺，すなわちF及びG海区に洄游していた魚群は洄游魚群の組成の項で述べるごとく，体長50cm，体重1200～1500g程度の小型未熟魚が大部分を占めており，恐らくはこの魚群が冷水塊の後退と共に北上して50°N，167°E附近に出現したものではないかと思われる。

(3)　シロサケ

シロサケの分布はベニサケの場合とほゞにているが，同一時期においてはいくぶん北西に偏している。5月上旬に11°C以上の高温帯には全く認められず，主として45°N，160°Eから170°E間及び50°N，180°E附近の4°Cの水帯に多い。漁獲は反当り3尾程度で，まれに5尾程度のこともある。中，下旬は水温の上昇につれて魚群も移動し，50°N，180°E附近では稀薄となる。一方45°N線の160°～170°Eの魚群は5°Cの水帯の移動と共に多少北に偏し，冷水塊の張り出し部の西側すなわち5°Cの等温線が北方に突出している46°N，167°E附近の海区に集中する傾向がうかがわれ，漁獲は最高10尾を示した。6月に入つて表面水温が上昇し，5°C以上の水帯が46°N以南海域を覆うようになると，冷水塊が強く押している46°N，167°E附近の海区でも漁獲は急激に減少し，中旬になるとこの傾向はさらに判然と現われ，ベニサケに比してはやめに同海域より姿を消す。

以上のことからシロサケの分布はベニサケに比して東西に広がつていることがわかり，南側の限界は5月

上旬には160°Eから180°Eにわたる42°N線にみられ，中，下旬には45°N線にあり，6月上，中旬に至り46°N線となることが判明した。

この資料からは46°N以北におけるシロサケの洄游を明かにすることはできないが，本種もベニサケの如く海況と関係があり，冷水塊の後退と共に北方に洄游して8月にはカムチヤッカ半島東岸に至るものと思われる。田口[10]は母船式操業区域内を2系統の魚群が通過し，7月上旬には北千島近海へ移動したと考えられるものと，7月下旬以後に現われる群は戦前にも小型未熟魚として知られていたもので，その沖合での洄游は，最初の群とは洄游路を異にし，52°N附近の北方からカムチヤッカ方面に洄游するものと推定している。しかし久保[11]は母船式操業区域の生物調査の結果49°N，50°N，165°E，170°Eの4線によつて囲まれた海区には他の海区と異り，特別に成熟の遅れている魚群，若しく若令魚が洄游していることを示しており，同海域の46°N以南160°E～170°E附近，すなわちF及びG海区の魚群は体長50cm，体重1500gの小型な卓越群によつて形成されている事実から，久保が述べている若令魚と46°N以南の洄游群とは恐らく同一魚群に属しているものと判断され，田口が7月下旬以降に現われるという小型未熟魚は52°Nの北方から来游したものもあらうが，46°N以南の160°Eより170°Eに至る海域から北上した群も含まれているものと推定される。

(4)　カラフトマス

カラフトマスはベニサケやシロサケに比して一般に高温帯に多く分布すると云われているが，5月上旬の同海域において3°～16°Cの水帯を調査したところによると，分布は極めて稀薄で170°E以西の4°～7°Cの水帯にて多少みられたにすぎない。中旬においても同様であるが，46°N，170°E附近にある冷水塊の西側の4°～6°C水帯及び180°Eの5°～7°C水帯に僅かに認められたのみで，漁獲率は1尾以下であつた。下旬になると4°～6°C水帯にようやく出現しはじめ，46°N，167°E附近において2尾内外，また47°N，180°E附近で1尾程度の漁獲率を示すようになる。そして6月に入つてベニサケやシロサケが減少する頃には逆に増加して，中旬に5°～6°C水帯が46°N以南海域に広がるようになると魚群は最も濃密になる。すなわち盛漁期の現象を現わし反当り10尾を超えるようになる。しかしこの魚群も6°Cの水帯が46°N以南海域から消える頃には北方に移動して，同海域の魚群は急激に稀薄となる。

これらの結果からカラフトマスの洄游についてみると，5月上旬は量的に少く中旬に5°～6°Cの水帯に沿つて現われ，その出現海区は冷水塊の張り出し部の西側すなわち170°E以西及び黒潮分岐流が北上している東側の180°E附近との2海区である。このうち170°E以西の魚群は南方から来游したもので，恐らくは北海道東方沖合を洄游していたものが，千島列島沿いに北東に延びる黒潮分岐流に押されて同海区に出現したものではないかと考えられるが明かでない。なおこの群は6月上旬46°N附近に濃厚となり，中旬には46°N以北に達する。田口[10]によると，これより漸次北西に洄游し，7月中，下旬には北千島東方沖合に至り，7月下旬の魚群の中心は50°N，160°Eにみられるという。また180°E附近の魚群は山平[12]の報告している漁場の移動から黒潮分岐流の北上に伴つて北西に向い，170°E以西の魚群と合流して北千島方面に洄游する如く思考される。

(5)　ギンサケ

ギンサケの漁獲は非常に少く，5月は42°N，180°E附近の6°～10°C水帯において多少漁獲されたにすぎず，その最高は反当り0.6尾である。この魚群は6°～10°Cの水帯に沿つて西に移動するものの如く，ギンサケの漁獲は東からしだいに西に移つており，6月中旬に至つて46°N，167°Eの7°C水帯において漁獲をみている。しかしこの海域も群は薄く，反当りの漁獲は1尾以下である。

ギンサケの漁獲の変位から5月に42°N，180°E附近に現われた魚群の洄游をみると，6°～10°Cの水帯に沿つて東から西に移動するように思われるが，洄游魚群の組成の項で述べる如く5月のH，I海区のものと6月のF及びG海区のものとは群の組成にかなり大きな差異が認められ，同一群に属すると考えることは困

難で，この2群の洄游径路を明かにすることは今後の研究にまたねばならない。

3　洄游魚群の組成

洄游魚群の組成を知るため漁獲物中よりベニサケ，シロサケ，カラフトマス及びギンサケの4種を無撰択に抽出し，各個体について性別，体長，体重，生殖素重量等を測定した。なお体長は Fork length を用いた。

とりまとめにあたつては海域的，時期的な変動を知るために各魚種とも海区別，月別に分類し，さらに 1952[13]，1953[11] 年の結果に比較して検討した。

(1)　ベニサケ

ベニサケの標本は5月F，G，H，I，Jの5海区で1444尾，6月はF，Gの2海区で1466尾，合計2910尾で，これを月別，性別，平均体長，平均体重等に整理した結果が Table 1 である。

Table 1. Average of body length and body weight of red salmon of each regions

Region	May					June				
	Number			Average		Number			Average	
	♀	♂	Total	Body length (cm)	Body weight (g)	♀	♂	Total	Body length (cm)	Body weight (g)
F	448	256	704	50.2	1624	262	391	653	50.0	1445
G	92	92	184	49.9	1605	281	532	813	50.3	1393
H	77	120	197	48.1	1203					
I	14	31	45	45.3	858					
J	152	162	314	51.2	1603					
Total	783	661	1444	49.9	1535	543	923	1466	50.2	1416

a　性　別

5月は全般的に雌が多く，海区別ではF海区が特に目立つていた。しかしH及びI海区では逆に雌は少く雄が多い。6月に入ると5月に雌が多くみられたF，G海区も共に雌が増加している。

海区別の雌雄比と魚群の濃度を比較すると，魚群が濃厚に現われた5月のF，G海区では雌が多く，群の稀薄なH及びI海区では少い。この傾向は6月のF，G海区にもみられ，5月に濃群が来游した頃は雌が多かつたが，主群が北上した6月には雌の比率が減少して雄が多くなつている。

b　体　長

5月は5海区の資料のみであるが，その体長組成をみると，各海区に雌雄とも 50cm 前後の小型な卓越群が認められ，その群は概して西北側の海区に顕著で，東南の海区に薄く，その比率はFで22%，Gで15%，Hで10%，Iで7%，Jでは15%となつている。また東北海区には大小の群が混入し，I海区では45cm，J海区に55cmの群がある。

体長分布の範囲及び平均体長はそれぞれ 38～65cm，49.9cm で，海区別の平均体長では J海区が最も大きく 51.2cmを示し，H及びI海区では稍小さい。

6月も5月と同様に 50cmのものが主群をなしているが，F及びG海区とも左右に 47，54cmの群が現われてくる。平均体長は5月に比して多少大きく50.2cmとなつている。

以上の体長組成を 1952年及び 1953年の資料に比較してその百分率をみると，1952，1953年度の資料では 55cm附近に山があるのに対して，本資料は 50cm に卓越群が現われ，山は全般的に小さい方に偏している。

したがつて平均体長でもほかの年度のものに比して5cm位小さくなつている（Fig. 3）。

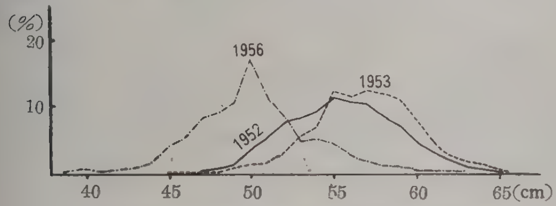


Fig. 3. Distribution of body length of red salmon

c　体　　重

5月における体重の分布範囲は 300gから3400gにわたつており，主群は1500gである。海区別ではF，G海区に1500gの群が特に卓越しており，2000gのものがこれに次いで多い。H，I，J海区は大小の魚群が混入して，分布範囲は大きく，H，I海区には1500gよりさらに小型な群が目立つている。

6月は5月に比してやや軽小な1200～1300g前後のものが主体をなし，平均体重も5月の1535gに対して6月は1416gと小さくなつている。

これを他の資料に比較すると，1952年，1953年には2000～2500gの卓越群が現われているが，本資料のものは1200～1500gに主群がみられ，体重も体長の場合の如く大きな差異を示している（Fig. 4）。

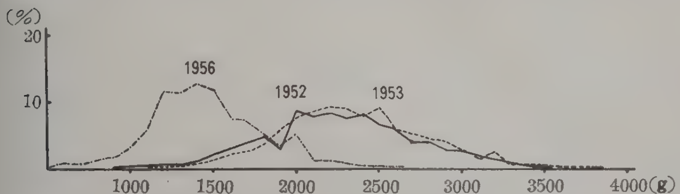


Fig. 4. Distribution of body weight of red salmon

d　生殖素重量

生殖素重量の分布については10g単位に分けてまとめたが，それによると5月の雌は2～3g位のものから120gにわたつて分布し，10g前後の軽小で未熟なものが大部分を占めていた。雄では1～100gの間に分布し，10g以下のものが約80%を占めている。6月は重量の大なるものも増してくるが，5月と大差なく雌雄とも10g以下の未熟なものが卓越している。

(2)　シロサケ

シロサケはC，D，E，F，G，H，I，J，Kの9海区に亘り，5月に2032尾，6月に1440尾と計3472尾を測定し，その結果を Table 2 に示した。

a　性　　別

5月は雌1231尾，雄801尾と雌が圧倒的に多く，海区別でもH海区を除いては雄より雌の比率が大きい。6月はF，G海区の資料のみであるが，5月に較べ雄の占める割合が増えて相なかばする状態である。

群の濃度と雌雄比の関係はベニサケの場合と似ており，魚群の濃い海区は雌が多く，薄いところは雄が多く現われるようになり，群の濃度を知るうえから興味ある問題である。

b　体　　長

5月には50～51cmのものが主群をなし，特にF，G，K海区において顕著な卓越群となつている。H海区より東側では大型群の占める割合が大きくなり，I，J海区では55cm前後と60cmの群がある。平均体長はそれらの特徴を明瞭に表わし，F，G，K海区は51cm程度で小さく，D，E，I，J海区等は55cm程度で大きい値を示している。

6月も50cmの群が主群であるが，F，G海区では5月に比して大型群が目立ち，55cm，60cm附近に山があり，G海区には特に55cmの群が卓越し，平均体長も大きくなつている。

Table 2. Average of body length and body weight of chum salmon of each regions

Region	May					June				
	Number			Average		Number			Average	
	♀	♂	Total	Body length (cm)	Body weight (g)	♀	♂	Total	Body length (cm)	Body weight (g)
C	18	11	29	53.4	1710					
D	18	11	29	55.0	1768					
E	9	5	14	56.5	2121					
F	542	293	835	51.1	1639	369	347	716	52.9	1706
G	192	148	340	51.5	1646	356	368	724	54.1	1660
H	99	103	202	53.3	1550					
I	87	56	143	56.7	1697					
J	236	154	390	54.7	1767					
K	30	20	50	51.5	1512					
Total	1231	801	2032	52.6	1663	725	715	1440	53.5	1684

5月から6月に至る全海区の平均体長は52.9cmで1952年に比して3.0cm，1953年より4.5cm小さい。分布も本資料の卓越群が50cmであるのに，1952，1953年では55〜60cmに山があり大きな差を示している。しかし本資料のものでもI及びJ海区の魚群は大型で1952年のものににている（Fig. 5）。

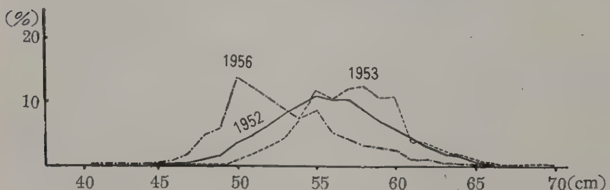


Fig. 5. Distribution of body length of chum salmon

c 体 重

5月の主群は1500gの小型群である。この群はベニザケと同様西側のF，G，K海区に多く，東北海区においてはH，I，Jの順に2000g群の比重が大きくなつている。またH，I海区には1200gの小型群もあり，これが平均体重に影響している。6月にも1500gの群が卓越しているが，5月に少かつた大型のものが多少出現し，平均体長も21g増加している。

これを他年度に較べると本資料は1500gに主群があるのに対し，1952，1953年には2000〜2500gに山があつて，卓越群に大きな差が認められ，他年度の魚群とは全くおもむきを異にした群であることがわかる（Fig. 6）。

d 生殖素重量

シロサケはベニサケの場合とよく似ており，5月は雌の生殖素が雄に比して一般に重く，分布範囲も広い。雌は10g前後のものが最も多く，30〜40gが次いで多い。雄では10g以下の2〜3g位のものがかなり多く，全体の70%に当る。6月に入つてもこの傾向は変らないが，雌雄ともに5月にみられなかつた大型魚の影響を受けて，体長，体重とともに生殖素重量の大きいものの数が増してくる。

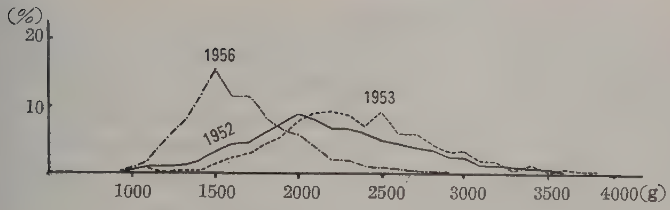


Fig. 6. Distribution of body weight of chum salmon

(3)　カラフトマス

本種の標本は5月にF，G，H，I，Jの5海区，6月はF，Gの2海区に限られ，2477尾を測定した（Table 3）。

Table 3. Average of body length and body weight of pink salmon of each regions

Region	May					June				
	Number			Average		Number			Average	
	♀	♂	Total	Body length (cm)	Body weight (g)	♀	♂	Total	Body length (cm)	Body weight (g)
F	63	125	188	43.7	1228	131	1101	1232	46.0	1285
G	4	79	83	45.9	1072	72	690	762	48.1	1231
H	5	64	69	48.9	1132					
I	7	59	66	49.2	1174					
J	7	70	77	49.1	1149					
Total	86	397	483	46.5	1168	203	1791	1994	46.9	1264

a　性　　別

雌雄比は289対2188で雌は少く雄が88.3%を占めている。月別にみても5月には雌は17.8%で少く，6月にはさらに減少して10.2%となる。海区別には5月のF海区で比較的多く33.5%を占めているが，この海区も6月には僅か10.6%を示す程度となる。

b　体　　長

5月には42，50，55cmの3つの群があり，F海区では42，45cmの小型群，G海区に45cmの群のほか比較的小型のものが多い。これに対してH，I，J海区では50cmの大型群が顕著である。平均体長は西側のF海区で43.7cmを示し最も小さく，東偏するほど大きくなりI海区では49.2cmとなる。6月はF，Gの両海区のみであるが，雌に46cm，雄では47〜49cmの群がある。F海区の5月には雌雄とも42cmの卓越群があつて20%を占めていたが，6月にはこの群は10%以下に減少している。またG海区では5月雄に45cm（35%）の卓越群と50cm（9%）の群があつたが，6月になると45cm群は8%に減少し，50cm群が卓越して16%となる。雌については5月の資料が少いため，その分布の傾向を確かめ得なかつたが，6月には70尾を測定しており，46cm群が最も多く24%を占めていた。

全海区の分布は図に示してある如くで，1953年のものと似て46cmに卓越群が現われ，ベニサケやシロサケのような大きな差異は認められない。この理由はベニサケやシロサケの洄游群にはいくつかの年令群があるのに対し，カラフトマスは河から降海して翌年には総て溯河すると云われ，従つて洄游群は総て同一年令群に属するためであると解釈される（Fig. 7）。

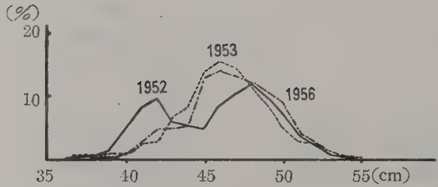


Fig. 7. Distribution of body length of pink salmon

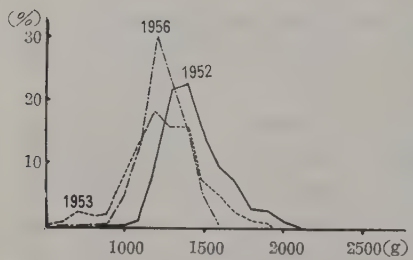


Fig. 8. Distribution of body weight of pink salmon

c 体 重

5月は1200gが主群をなしているが，このほかG海区には800gの群があり，I，J海区では1500gの群が僅にみられた。6月にも1200gが主で，5月にみられた 800gの軽小な群が姿を消し，平均体重は5月の1168gより約100g大きく1264gになつている。全体の分布をみると1952年のものより小さい方に偏し，1953年のものとにた傾向を示している（Fig. 8）。

d 生殖素重量

生殖素は一般に小さく，5月は1〜70gに分布しており，雄では各海区に10g以下及び10〜20gのものが多い。10g以上のものについては東側の海区で20〜30%を占め比較的少く，西側の海区では相当多く，G海区においては65.6%に達している。6月の資料はF，Gの両海区だけであるが，雌は雄より重量が大きく30〜40gに山がみられる。雄は5月に比して大きくなり，10gから20gのものが卓越して50%以上を占めるようになり，10g以下のものは少くなる。これをG海区の雄についてみると，5月に10g以下が65.6%で多かつたが，6月には36,1%に減少し，10〜20gのものが5月の31.7%から6月には57.4%に増加している。

(4) ギンサケ

ギンサケは漁獲尾数が少なかつたために測定尾数も少なく，5月にH，I海区で166尾，6月はF，G海区で161尾，合計327尾を測定したにすぎない（Table 4）。

Table 4. Average of body length and body weight of silver salmon of each regions

Region	May					June				
	Number			Average		Number			Average	
	♀	♂	Total	Body length (cm)	Body weight (g)	♀	♂	Total	Body length (cm)	Body weight (g)
F						3	9	12	58.3	2267
G						77	72	149	56.6	2187
H	24	38	62	52.3	1483					
I	35	69	104	53.5	1445					
Total	59	107	166	53.1	1460	80	81	161	56.7	2192

a 性 別

5月は東のH，I海区で雌59尾，雄107尾で雄が多い。6月は西に偏したF，G海区であるが，こゝでは

雌80尾，雄81尾でほゞ同数で5月の東側の海区に比して雌が多くなつている。

b　体　　長

体長は40cmの小型なものから大型な65cmのものに至る広い分布を示している。海区別の相違としては東のH，I海区に51cmの主群があり，F，G海区には56cm群について，53，60cmの群が認められ，東に小さく西に大型な群が存在し，平均体長も5月のH，I海区で53.1cm，6月のF，G海区で56.7cmと大きな差を示している。この2海区の体長の差は5月と6月の時期的な相違と，ほかに海区別の洄游群の差異との2つの原因が考えられるが，ギンサケはサケ属中で海洋においては最も生長度が大きく，平均月間生長は3.47cmである[14]ということから判断すると，全く別系統の群であると断定することはできない。

c　体　　重

平均体重はF海区の2267ｇを最高とし，I海区の1445ｇか最も小さく，傾向としては東側の海区で軽く，西に偏する海区ほど重量は大となる。全海域の重量分布の範囲は700ｇから3300ｇにわたつてみられ，5月のH，I海区には1300ｇと1600ｇの群が多く，6月のF，G海区ては2100ｇ群が卓越している。この結果よりすれば5月のH，I海区と6月のF，G海区の間には体長の場合の如く大きな差がみられ，平均月間生長が158ｇであるという点を考慮に入れてもなおかなりの差か認められ，これらの2つの海区の魚群は別々の系統群である如く推定される。

IV　要　　　約

1)　46°N以南の167°E附近を中心とした海区にはベーリング海よりカムチヤッカ半島東岸を経て南下した冷水塊があり，この水塊は東流する黒潮及び160°Eの西側と170°E〜180°Eの両海区を北上する黒潮分岐流等と接触して顕著な潮境を形成している。この冷水塊の南端は5月上旬に44°N附近にあるか，その後黒潮に押されて6月中旬には46°N，167°E附近に圧縮される。

2)　5月は低気圧の襲来が多く，そのため表層と中層の海水が混合し，150mまでの水温の垂直傾度は少く，中冷層も認められないが，6月に入つて天候が回復すると表層の水温が上昇して垂直傾度を増し，さらに表層と中層の混合が緩慢になるため冷水塊が張り出している46°N線の167°E附近より西寄りの海区では2°C位の中冷層が100m以深に明瞭に現われてくる。

3)　46°N以南を洄游している魚群は水温の上昇につれて167°E附近を中心とする冷水塊の周辺に集中する。そのため冷水塊の周辺は46°N以南海域では最も良好な漁場となつている。この冷水塊には5月シロサケが，次いでベニサケが現われ，5月下旬に最も多く魚群の洄游がみられた。またカラフトマスは5月下旬頃から出現し始め，6月中旬には濃群となる。これらの魚群は時期的に多少のづれがあるか，その洄游はいづれも冷水塊の消長に左右され，7月から8月にかけてカムチヤッカ半島東岸に接近する。

4)　ベニサケ分布の南限は5月上旬6°Cの等温線が現われていた43°N線にみられ，中，下旬には北方に移動して45°N線に達し，6月上，中旬にはさらに北方の46°N線になる。

5)　シロサケはベニサケに比して広く分布し，南側の限界は5月上旬160°Eから180°Eに至る42°N線にみられ，中，下旬には45°N線にあり，6月上，中旬に至つて46°N線に移る。

6)　カラフトマスは5月下旬頃46°N，167°E附近の4°〜6°C水帯に突然出現したが，その来游は北海道東方沖合から千島列島沿いに北東に延びる黒潮分岐流に押されて同海区に出現したものではないかと推定されるが明かでない。

7)　ギンサケは5月上旬42°N，180°E附近に現われ，6°〜10°Cの水帯に沿つて西に移動している如くであるが，その洄游経路は判然としない。

8)　ベニサケの雌雄比は魚群が濃厚に現われた海区においては雄より雌が多く，群が稀薄な海区では雄が多く雌の割合が少くなる。これは魚群の濃度と関連があるものの如く，魚群の濃度と雌の占める割合とは一致している。

9) ベニサケは体長 50cm，体重 1200～1500ｇの小型未熟魚が主群をなし，その分布は西側の海区に多く，東側の海区に少い。これらの小型未熟魚は冷水塊の後退と共に北上して母船式操業区域に至るものと考えられ，7月末に50°N，167°E附近に現れるという小型魚群は恐らくはこの魚群に属するものと推定される。

10) シロサケの雌雄比はベニサケと同様に魚群の濃い水域に雌が多く，薄い海区には雌は少い。

11) シロサケの卓越群は体長 50cm，体重1500ｇ程度の小型のもので，その分布はベニサケの如く西の海区に濃く，東の海区に薄い。これを1952年，1953年のものに比較すると，体長で５cm程度，体重で500ｇ位小さくなつている。同海域に毎年このような小型な魚群が出現するのか否かは不明であるが，常に小型群が現われるとすると，７月下旬以降に母船式操業区域に出現すると云われている小型未熟魚は当海域から北上した魚群であると推定される。

12) カラフトマスは雌の占める割合が少く，雄が多い。卓越群は体長 46cm，体重1200ｇで1953年のものに似た組成を示している。海域的な相違としては東側海区に大型群があり，西側の海区には比較的小型な群がみられた。

13) ギンサケは５月 173°E～175°E海区と，６月の 161°E～173°E海区とでは泗游魚群の組成に大きな相異が認められ，東の海区では５月に体長及び体重がそれぞれ 51cm，1300ｇ の主群がみられ，西の海区では６月に56cm，2100ｇの主群があつた。

引 用 文 献

1) 横山将来・花井育男 (1931). 北洋鮭鱒鱇沖取漁業調査試験復命書. 北海道水産試験場.

2) 横山将来・川上四郎 (1932). 北千島鮭鱒鱇沖取漁業調査試験復命書. 北海道水産試験場.

3) 中島由太郎 (1938). 千島列島近海海況調査 (昭和９年). 水産調査報告43.

4) 農林技術協会 (1954). 北方海域海況資料 (駒橋による千島周辺及びオホツク海). 冷害気象長期予報資料Ｉ.

5) 農林技術協会 (1954). 北方海域海況資料 (凌風丸による千島周辺及びオホツク海). 冷害気象長期予報資料Ｉ.

6) 宇田道隆 (1935). 東北海区に於ける中冷層の分布，成因，運動に就て. 空と海 15 (12).

7) 岡本五郎三 (1942). 鮭鱒と北洋の海況. 北洋漁業 3 (4).

8) 田口喜三郎 (1957). 北太平洋水域におけるサケ・マス魚群と水塊の分布・流動状況－Ｉ. 日本水産学会誌 22 (9).

9) 鳥居貢 (1957). 昭和31年北洋漁場の気象及び海況 (アリューシャン海域). 海上気象報告 1 (2).

10) 田口喜三郎 (1957). 北太平洋水域におけるサケ・マス魚群と水塊の分布・流動状況－II. 日本水産学会誌 22 (9).

11) 久保達郎・山平喜一郎 (1955). 北太平洋におけるサケ・マスに関する調査報告. 第II報. 水産庁.

12) 山平喜一郎・松下友成・大鶴典生 (1955). 北太平洋におけるサケ・マスに関する調査報告. 第III報. 水産庁.

13) 久保達郎・山平喜一郎 (1953). 北太平洋におけるサケ・マスに関する調査報告. 第Ｉ報. 水産庁.

14) Ｌ・Ｓ・セムコ (1956). 西カムチヤッカサケ属と其の産業的利用. ソ連北洋漁業関係文献集 2.

15) Koto, H. & Fujii, T. (1958). Structure of the waters in the Bering Sea and the Aleutian Region. ***Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*** 9 (3).

昆布の品質

第1報 昆布の品質判定

大石 圭一・田村 祐子・佐坂 欣二・村田 喜一
（北海道大学水産学部水産食品化学教室）

Quality of Edible Seaweeds belonging to the *Laminariaceae*

1. Evaluation of the quality

Keiichi ŌISHI, Yūko TAMURA, Kinji SASAKA and Kiichi MURATA

Abstract

The quality according to the difference in species was determined by th next scoring methods;

1. From seven to zero points are given to the sample seaweeds in proportion to the degree of the strength of the seasoning action.
2. From one to zero points are given in proportion to the shearing force of boiled sample.
3. The same range of points as the second is applied for the viscosity of water extract of sample.
4. The same scores as the second are given for the thickness of dried sample seaweed.
   These scores for each species of seaweed are totaled. The order of these scorings is regarded as representing the order of quality. The scores are shown in Table 17.

まえがき

昆布の味，若くは品質に関する研究は少くない。例えば池田菊苗氏[1]により，昆布の旨味の本体はグルタミン酸－ソーダ塩（mono sodium glutamate 以下MSGと略記する）であることが知られ，これが端緒となつて所謂“味の素”の製造が開始され，今日の普及を見た次第である。MSGの美味なることに問題はないとしても，MSG含量と昆布の品質或いは検査等級などの間の関係については全く不明である。また，昆布の味はMSG以外にもあると言つている者も少くない。例えば，佐藤久次・森田睦夫の両氏[2]は昆布の生体中に存在するのはMSGの形ではなく，中和されていない形であると主張し，且つ呈味成分はこれらと種々のペプチッド，塩類，マンニットの混合物であるとしている。藤原輝子氏[3]は昆布の味がMSG単独のものよりよい理由として昆布中のペプチッドの存在を挙げている。昆布の品質に影響する“昆布臭”については，片山輝久氏[4]の研究があり，その主体はメチールカプタン，トリメチールアミン，未知のアミン2種，低級脂肪酸，リノレン酸等が混合したものであるとしている。“ダシ”としての使用は昆布の用途の主要部分である。ダシのとり方の検討は唯岡蘭子氏[5]によつて行われている。

以上の研究は，それはそれなりに一応の研究目的を果しているものと思う。然しながら昆布には種類が多く，種類，採取時期による品質の相違，また特にマコンブに著しいのであるか発育地域と品質との関係は極めて複雑なのであつて[6]それらは科学的には全く解明されていない。この研究は，こう言つた広い昆布相の品質のメカニズムを明らかにするのが目的である。第1報として昆布の品質を判定し，次にコンブの品質を決定する要因を見出そうとする研究の基礎としようとするものである。

1. 市場に於ける昆布の種類と品質

市場概念では昆布を“マコンブに似た形態を有し，またこれと同様な利用性を有する海藻”と定義してい

るようてある。本研究でも昆布の定義としてこれを採用したが，偶然，この定義によつて称せられる昆布は総てコンブ科に含まれていた。こゝで称する昆布の種類も厳密に植物分類学上に立脚しているものではないが，さりとて完全に脱脚しているものでもない。例えば，マコンブとリシリコンブ，リシリコンブとラウスコンブ，またミツイシコンブとナガコンブとの間に植物分類学上同種であるか異種であるかについて問題のある処であるが，商品として考えた場合品質の相違は著るしいものであるから，本研究では別種と見なすのに聊かも躊躇しない。また，尾札部産コマンブと有珠産マコンブ，白口浜マコンブと黒口浜マコンブとは，生物学的に言つても別種であると力説する昆布業者が少くないのであるが，これらの品質の差は地域的に連続して変化して居て絶対的な差であるとは言い難く，植物分類学者もこれらの間に差がないと一致した見解をとつている。本研究でもこれらを別種とは見なさない。

次に，昭和21年より30年まで10年間の主要昆布の生産額の平均は次の通りで（単位は万貫）あり，これに宮部金吾氏[7]の用いた学名を附した。

(1)	ナガコンブ	270	*Laminaria angustata* var. *longissima* (Miyabe) Miyabe
(2)	ミツイシコンブ	123	*L. angustata* Kjellman
(3)	リシリコンブ	110	*L. ochotensis* Miyabe
(4)	アツバコンブ	53	*L. coriacea* Miyabe
(5)	マコンブ	51	*L. japonica* Areschoug
(6)	ホソメコンブ	27	*L. religiosa* Miyabe
(7)	ネコアシコンブ	14	*Arthrothamnus bifidus* (Gmelin) Ruprecht
(8)	トロロコンブ	1	*Kjellmaniella gyrata* (Kjellman) Miyabe
	その他	203	
	合　計	780	

上に挙げた8種は産額も多く商品としても重要なものである。これらの他に

(9)	ラウスコンブ	（リシリコンブと同種と考えられる。）
(10)	ガゴメ	*Kjellmaniella crassifolia* Miyabe

の昆布は数量こそ少いが，前者は特に戦後登場し，品質優良である所から次第に市場に於て重要となりつゝあり，後者はとろろ分に富み独特な風味を持つていて，品質研究上参照すべきものである。最後の2つを加えた10種の昆布が最も代表的なものであり，これを品質研究の対象とした。

市場に於ける昆布の品質評価を概観すると，マコンブは調味用としても加工用としても優れていて，リシリコンブは調味用として最高級であり，ミツイシコンブは煮た場合軟く緑色が勝つて美しい所から惣菜用として優れており，ホソメコンブはリシリコンブの代用，ナガコンブはミツイシコンブの代用と考えられている。ナガコンブ，アツバコンブ，ネコアシコンブ，トロロコンブは主として道東釧路地方でとれるもので，主として中国向けの輸出品であり国内ではあまり利用されない。昆布は生育地が沖であるか岸であるかによつても品質が異り，岸の方が優れていると見なされている。生育地域による差も著しく，特にマコンブが目立つている。

これらの評価の客観的基準を強いて求めるならば，価格を挙げることが出来よう。価格は需要と供給とによつて決定されるもので状況により年々変動するものであるが，同一地域の同一時期の価格と価格との割合即ち価格比率は，昆布の場合比較的に一定していてよく品質を代表している。この品質或いは価格比率というものの内容は，ある地域に於いて長年月に亘る需要者の嗜好が綜合され，それが商業上の習慣となつたものを意味し，市場の評価が数量的に表現されたものと考えてよかろう。第1表に昭和32年度産昆布に対して漁業組合，昆布販売協議会並に昆布卸売業者の3者立会で決めた生産者価格を掲げた。この表より価格比率

第1表　主要昆布の生産者価格（昭32.11）　単位：円/10貫当

地名番号	種類	産地	等級	結束	価格	地名番号	種類	産地	等級	結束	価格
1	マコンブ	八雲	1等	折	5,800	24	マコンブ	石崎	1等	折	9,200
2	〃	山越	〃	〃	5,930	25	〃	銭亀沢	〃	〃	9,100
3	〃	落部	〃	〃	〃	26	〃	宇賀	〃	〃	〃
4	〃	森	〃	〃	8,200	27	〃	根崎	〃	〃	〃
5	〃	砂原	〃	元揃	12,700	28	〃	湯浜	〃	〃	9,000
6	〃	鹿部	〃	〃	13,000	29	〃	大森	〃	〃	8,900
7	〃	大船	〃	〃	14,200	30	〃	住吉	〃	〃	〃
8	〃	臼尻	〃	〃	17,500	31	〃	上磯	〃	〃	4,500
9	〃	安浦	〃	〃	18,800	32	〃	木古内	〃	〃	5,400
10	〃	川汲	〃	〃	20,500	33	〃	知内	〃	〃	〃
11	〃	尾札部	〃	〃	20,000		リシリコンブ	鴛泊	〃	長切	13,500
12	〃	見日	〃	〃	〃		〃	沓形	〃	〃	13,200
13	〃	木直	〃	〃	16,700		ミツイシコンブ	日高	〃	〃	7,300
14	〃	古部	〃	〃	15,300		〃	尻岸内	〃	〃	5,600
15	〃	椴法華	〃	〃	13,700		ホソメコンブ	松前	〃	〃	6,800
16	〃	恵山	〃	〃	〃		ナガ・トロロ・ネコアシ	釧路	〃特別	〃	3,530
17	〃	古武井	〃	〃	〃		アツバコンブ	〃	〃	〃	4,000
18	〃	尻岸内	〃	〃	〃		ガゴメ	亀田	1等	元揃	6,800
19	〃	日浦	〃	〃	〃		〃	茅部	〃	〃	6,000
20	〃	戸井	〃	〃	13,300		ラウスコンブ	羅臼	〃	〃	13,600
21	〃	汐首	〃	〃	13,100		マコンブ(水)	亀田	〃	長切	1,500
22	〃	釜谷	〃	折	9,300		マコンブ(水)	茅部	〃	〃	1,500
23	〃	小安	〃	〃	〃						



第1図　マコンブの生産地帯

を求めることによつて，昆布の品質の概要を数量的に把握することが可能である。第1表に掲げたものは総て1等級のものである。2，3，4等級のものは1等の0.8，0,6，0,4を乗じた価格で示され，長切は元揃の0.8掛，沖昆布は岸昆布の0.95掛である。品質の地域差の著しいマコンブの場合は特にそれを示す為に第1図にマコンブ地帯の地図を附した。図上の地名番号は第1表の番号と対応させてある。最良のマコンブを得られるのは川汲，尾札部であつて，この地点より隔るにつれて品質が下る。大船，木直間は最も優れたマコンブ地帯でこゝの昆布を加工した場合白色に出来上るので白口浜と称せられ，昆布は元揃に結束される。恵山（或いは椴法華）から函館までは黒口浜と称せられるが，汐首を境として恵山寄りのものは元揃に結束されるのでこの地帯は元浜，函館よりのものは折昆布に結束されるので折浜と称される。鹿

部，砂原は白口浜産のものと黒口浜産のものとの中間の性質を示し，森以北，函館以西のものは品質が更に低下するので場違いものと称せられる。これらの事実は第1表の価格から明かに知ることが出来る。同様に種類間の差異も第1表から知られる。マコンブは最も秀で，次いでラウスコンブ，リシリコンブが高価であり，ミツイシコンブ，ホソメコンブ，ガゴメが続く。ナガコンブ，トロロコンブ，ネコアシコンブは品質が最も劣つている。

2 昆布の試料

この研究を行うために特色ある地域の昆布と代表的種類のものとを集めた。収集は主として北海道水産部水産製品課の御配慮で各地の水産物検査所に依頼したのであるが連絡不充分のため入手出来なかつたものもあり，その一部は函館市場で購入した。また同じく連絡不充分の理由により同一品種のものが重複して集められた場合もある。次に集つた昆布の試料番号，種類，産地，結束，等級について記す。

番号	種類	産地	結束	等級	その他
(1)	白口浜マコンブ	尾札部	元揃	1等	
(2)	黒口浜マコンブ	尻岸内	元揃	走先採1等	
(3)	〃 〃	〃	〃	〃 2〃	
(4)	〃 〃	〃	〃	〃 3〃	
(5)	〃 〃	〃	〃	走中採1〃	
(6)	〃 〃	〃	〃	〃 2〃	
(7)	〃 〃	〃	〃	〃 3〃	
(8)	〃 〃	〃	〃	〃 2〃	異常乾燥のもの
(9)	〃 〃	〃	〃	後 採1〃	
(10)	〃 〃	〃	〃	〃 2〃	
(11)	〃 〃	〃	〃	〃 3〃	
(12)	折浜コンブ	住吉	折	1〃	
(13)	場違いマコンブ	森鳥崎	〃	〃〃	
(14)	〃 〃	八雲	〃	〃〃	
(15)	マコンブ（水）	尻岸内		3〃	
(16)	〃 （根）	〃			
(17)	リシリコンブ	鴛泊	長切	走1等	
(18)	〃	〃	〃	〃2〃	
(19)	〃	〃	〃	〃3〃	
(20)	〃	〃	〃	〃4〃	
(21)	〃	沓形	〃	1等	
(22)	〃	〃	〃	2〃	
(23)	〃	〃	〃	3〃	
(24)	〃	〃	〃	4〃	
(25)	〃 （水）	〃	〃	水コンブ3等	
(26)	〃	仙法志	〃	1等	
(27)	ミツイシコンブ	日高冬島	〃	〃〃	
(28)	〃	日高近留	〃	〃〃	
(29)	〃	日高歌別	〃	2〃	

番号	種類	産地	結束	等級	その他
(30)	ミツイシコンブ	日高襟裳	長切	4等	
(31)	〃	〃 〃	〃	5〃	
(32)	〃	尻岸内	〃		
(33)	ラウスコンブ	羅臼	元揃	1等	黒，沖，走
(34)	〃	〃	〃	〃	赤，陸，走
(35)	ホソメコンブ	松前			
(36)	ガゴメ	戸井	花折	1等	
(37)	アツバコンブ	厚岸	長切	〃	夏採
(38)	〃	歯舞	〃	〃	〃
(39)	ナガコンブ	根室	〃	〃	棹前
(40)	〃	〃	〃	〃	夏採
(41)	〃	厚岸	〃	〃	〃
(42)	トロロコンブ	〃	〃	4等	
(43)	〃	歯舞	〃		
(44)	ネコアシコンブ	〃			
(45)	チヂミコンブ	羅臼			

昆布の試料は以上の通りであるが，中には等級の明かでないもの，結束していないもの，又数量不足で一貫した研究に耐え得ないものもあり，なお，折浜の中心部のマコンブは遂に入手出来なかつた。

3 ダシの取り方

この様な感覚を対象として結果を判定する研究は判定の基準と判定者の選択方法，判定者の信頼度等が問題となつてくる。これらの問題は近時，推計学の進歩と官能分析法の発達とから相当客観的に解決し得る様になつた。然しこの様な方法では，判定者，試料その他の点で試験を制約する場合が多く，今回の様に試料が多い場合には困難である。それ故今回の判定方法は次のように規定し出来るだけ客観的な結論を得ようと試みた。

判定の基準は吸物用のダシに置いた。昆布を単独で吸物用のダシとすることは稀であり，必ずカツオブシ又は化学調味料等を併用するのが普通で，その場合昆布独特の味と匂いのつくのが極端に嫌われる。それ故吸物用の昆布のダシ汁は旨味があると同時に特有のクセの無いものが宜しいとされる。今回の実験目的は大衆の嗜好調査ではなく，吸物用ダシとしての昆布の優劣を決めることである。それ故，判定者は吸物に対して敏感で洗練された感覚の持主でなければならない。この様な感覚の人を数人集めることが出来ればよいのであるが出来なかつたので，本学部の調理士，山口幸之進氏の指導を受けた水産食品化学研究室員数名をこれにあてた。結果は数人の合議により一致したもののみ採用した。稀に一致しない場合があつたが，その結果は不明とした。以上の規定によつて，かなり客観的な結果が得られた筈である。

昆布のダシのとり方に関する唯岡氏[5]の研究では，従来の昆布のダシのとり方数十種のうち，類似性のあるものを陶汰し十種残して検討した所，室温では30分，沸騰近くでは3分程のものが優れていることが判つた。凡て調理に際しては安定した温度として室温か，沸騰点の2点しか得られず，この両者の中間の温度を一定させることは困難である。中間温度は室温と沸騰点の二点を往復する際にのみ見られ，これを考慮することは問題を複雑にさせるだけである。よつて温度は室温，沸点の2とし次の験試を行つた。

（1） 抽出温度と抽出時間との関係

試料には森産マコンブと沓形産リシリコンブとの夫々2 g を100ccの水道水に入れ，14～17°C の室温に，

5, 10, 15, 30分, 1, 2, 3, 4, 6時間, 又約90°Cの見掛上の沸騰温度に, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30分入れ, 直ちにガーゼで濾してその液の味を上記の基準によつて判定した。

その結果はマコンブ, リシリコンブとも略同じであつて, 室温の場合はマコンブは30分, リシリコンブは15分が最適で, 1時間以上の抽出液では味が濃いがクセが強くなる。沸騰点のものでは共に3～4分頃が最適で, 1分, 7分以上のものと明かに異つていた。

(2) 刻み数の影響

2gのマコンブに夫々縦に 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30本, 横に 7, 15本の刻み線を入れ, 100ccの沸騰水中に3分保ち直ちに濾過したものの味を調べた所, 優劣をつけ難かつた。又, リシリコンブに縦に約50本刻み線を入れ同様に処理したものの味は対照よりも少しクセが出た。然し実際調理の場合刻み線を50も入れることは考えられない。それ故, 刻み線は縦, 横の何れに入れてもダシの味に影響がないと云える。

(3) 重量比の検討

100ccの沸騰水に対してマコンブを0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15g入れ, 30分後に濾過して, その味を調べた所, 1%以下で淡きに過ぎ, 4%以上ではクセが出, 結局2～3%が最適であつた。リシリコンブでも同様の結果であつたが, この場合は重量比が10%となつても昆布特有のクセが目立たなかつた。

以上のことから沸騰点附近では重量比2%の昆布を3分抽出するのが最も優れているのが判つた。以後の実験では, この方法により, 特に断らない限り昆布の根元に近い部分の中央部を用いてダシをとることにした。

4 部位, 検査等級, 採取時期, 生育年度, 発育場所, 発育地域及び種類によるダシの優劣

(1) 部位と味との関係

森産マコンブを, 根元, 縦の中央部の横巾⅓の中央部, 同じくその両端⅓及び先端の4部に分け, 重量比2%, 90°C附近で3分間標準法によつて抽出したものを比較した所, 前2者が後2者よりも著しく優れて居り, 前2者間には著しい差がなかつた。

またマコンブの表面と内部とを比較した所, 表面に呈味成分の大部分が集つているがクセが著しく強く, 内部は無味に近い淡白さであつてクセも少い。

尻岸内産マコンブの根元と, 商品として結束される場合切去られる根コンブとを比較した所, 根コンブの方は質はよさそうであるがダシが出難く, 3分間の抽出では後者が劣る。

(2) 検査等級及び採取時期と味との関係

この試料には, 尻岸内産マコンブの先採1, 2, 3等, 中採1, 2, 3等及び中採2等の乾燥中異変のあつたもの, 後採1, 2, 3等, 沓形産リシリコンブ1, 2, 3, 4等, 鴛泊産リシリコンブ1, 2, 3, 4等のものを用いた。

その結果, マコンブでは等級によるダシの味の差を認めることは出来なかつた。採取時期では各等級とも概して早いものが優れているような感じがしたが, 明瞭なものではない。リシリコンブの場合は等級の上のものが優れているように感ぜられたが, その差も明瞭なものではない。

(3) 生育時期と味との関係

この試料としては尻岸内産マコンブと沓形産リシリコンブの一年生のもの即ち水コンブと, これらに対応した2年生コンブとを用いた。比較の結果, マコンブ, リシリコンブ共2年生は水コンブより遙かに優れ, 水コンブは特にクセが強くその上呈味力も乏しい。両者の差違は極めて明瞭である。

(4) 発育場所と味との関係

発育場所とは特に岸と沖と云うように垂直的な差を意味し, 水平的な差を発育地域と呼び区別することにした。特に発育場所について検討したのは, 昆布市場では沖昆布は岸のものより劣るとして格付けされているからである。この実験で用いた試料はラウスコンブの黒沖と陸赤とであつたが, ダシを較べた結果では両

者の間に差を認める事は出来なかつた。

(5) 発育地域と味との関係

この試料として，マコンブは尾札部，尻岸内先採1等，住吉，森，八雲の各地産のもの，リシリコンブは沓形，仙法志，鴛泊産のもの，ミツイシコンブは日高冬島，尻岸内産のもの，アツバコンブは厚岸と根室産のもの，トロロコンブは厚岸，歯舞産のものを用いた。ダシとしての味を調べた結果，マコンブ，リシリコンブでは地域差を明かに認めることが出来なかつた。ミツイシコンブでは日高冬島の方が尻岸内のものより明かに優つていた。昆布市場では尻岸内産ミツイシコンブをシオコシコンブと称して別に格付けしている。アツバコンブ，ナガコンブは厚岸のもの，トロロコンブは歯舞のものが優れていたが，この後の3者は元来ダシ用のものではなく，乾燥処理，結束等の加工法も前者に較べると粗末であつて，ダシとしての味を調べること及びダシの地域差を論ずること自体が意義の乏しいものである。

要するにダシ用昆布にあつては地域差は著しくないと云えよう。

(6) 種類と味との関係

昆布の試料総てを用いてダシの味を比較した。その結果マコンブの群とリシリコンブの群とがダシとしては最上であつて，両者を比較するとマコンブの方が若干優れているように受取れた。次に位するのがミツイシコンブであるが，尻岸内産のものは特に劣るのでこれをミツイシコンブの代表と考えないことにした。ラウスコンブは今回の判定基準及びダシの採り方ではクセが強くて厚岸産ナガコンブより劣つていた。然しながら味自体は濃厚であるので判定基準と抽出法とを変えれば品質の順位は向上しうるものである。次に位するものはホソメコンブであつて，これはクセも無いが旨味にも乏しい。次に位するのはガゴメで，ダシとして用いられるのはこのガゴメ程度まででであろう。厚岸産のナガコンブ，アツバコンブは旨味は乏しいがクセも少くほぼホソメコンブに匹敵するものであつて，クセの強いマコンブやリシリコンブの水コンブよりはよろしい。ネコアシコンブ，トロロコンブ，根室のナガコンブはクセが非常に強くダシとしての効果はマイナスである。

以上の結果を順位で示すと次の様になる。

マコンブ＞リシリコンブ＞ミツイシコンブ＞ホソメコンブ，ナガコンブ，アツバコンブ
＞ラウスコンブ＞ネコアシコンブ，トロロコンブ

(7) 結　論

部位と生育時期とによつて味に差があるが，等級，採取時期，発育地域・場所等によつては著しい差はない。種類による差は明かである。

5 種類と粘度

粘度と品質との関係は一概には云えない。何故ならば，利用上粘度が強くて良い場合もあろうし，弱い方が望まれることもあると思われるからである。然しながら昆布利用の面でトロロの占める部位も少くないのであるから種類と粘度との関係を調べてみた。

方法としては水道水で抽出した昆布の上澄液をオストワルドの粘度計を用い，40°C で測定し比粘度を算出した。上澄液を用いたことに対して問題もあろうが，所謂トロロとして粘度の強いものは上澄の粘度も大で且つその関係は比例するものと仮定し実験を進めた。粘度測定に用いた試料は特に断らない限り根元に近い部分を用いた。

(1) 抽出時間と粘度

試料として森産マコンブ及び厚岸産トロロコンブを用いた。試料1 g を沸騰せる水50cc（重量比2％）に加え，10，20，30，60分抽出し，粘度を測定した。結果を第2表に記した。これによると10分以上では粘度は抽出時間と関係無く一定と言える。

第2表　抽出時間と比粘度

	森マコンブ		厚岸トロロコンブ	
	第1回	第2回	第1回	第2回
10分	1.204	1.19	1.331	1.306
20	1.201	1.24	1.322	1.391
30	1.195	1.22	1.463	1.437
60	1.233	1.22	1.421	1.279

第3表　抽出温度と比粘度

	森マコンブ	厚岸トロロコンブ
100°C	1.265	1.279
60°	1.046	1.075
30°	1.020	1.000

(2)　抽出温度と粘度

森産マコンブと厚岸産トロロコンブとを試料として，100°，60°，30°Cの各温度で重量比2%で10分間抽出し粘度を測定した。その結果を第3表に示した。これによると抽出温度が高くなると粘度も強くなると云える。

(3)　重量比と粘度

森産マコンブ及び歯舞産トロロコンブとを試料とし，試料の重量比のみを変えて，100°Cで10分抽出し粘度を測定した。その結果を第4表に示した。この場合は重量比の増加に比例して比粘度も増大している。

(4)　刻数と粘度

(3)と同様の試料を用い，縦に刻み目を入れ，刻み目の数と粘度との関係を調べた。重量比は2%，100°C，10分抽出し粘度を測定した。その結果を第5表に示した。これによると刻数が増加しても粘度にはあまり関係のないことが判る。

第4表　重量比と比粘度

重量比%	1	2	3	4	5	7	10	15
森マコンブ	1.175	1.239	1.239	—	1.446	1.553	1.945	2.126
歯舞トロロコンブ	1.330	1.495	1.530	1.643	—	—	—	—

第5表　刻数と比粘度

刻目数	1	2	3	5	7	10	15	30	60
森マコンブ	1.162	1.184	1.198	1.216	1.221	1.236	1.253	1.251	1.273
歯舞トロロコンブ	1.718	1.852	1.843	1.855	2.020	1.904	1.936	2.104	2.191

(5)　部位と粘度

森産マコンブを根元，中部の中央，中部の端，先端の4部に分ち，2%重量比，100°C，10分抽出して粘度を測定した。結果は夫々1.139，1.173，1.185，1.101であり，部位による変化は著しくない。

(6)　検査等級及び採取時期と粘度

試料としては尻岸内産マコンブを用い，(5)と同様な試験方法で第6表の結果を得た。粘度は検査等級，採取時期と無関係である。

第6表 検査等級及び採取時期と比粘度

先採1等	1.158	中採1等	1.158
中採1等	1.119	中採2等	1.135
後採1等	1.141	中採3等	1.135

第7表 生育時期と比粘度

尻岸内中採1等	1.119	利尻沓形 1等	1.209
〃 水コンブ	1.071	〃 水コンブ	1.285

(7) 生育時期と粘度

試料としては尻岸内産マコンブ及び沓形産リシリコンブの2年生のものと水コンブとを用い，(5)と同様の方法で試験し，結果を第4表に示した。これによると生育時期と粘度との間に著しい関係はないと言える。

(8) 発育場所と粘度

試料はラウスコンブの沖と岸のものとを用いた。結果は沖の比粘度1.132，岸は1.076，で殆んど同じである。この後の試験方法は総て(5)と同様である。

(9) 発育地域と粘度

試料としては場違いのマコンブとして八雲と森産のもの，白口浜のものとして尾札部産のもの，元浜のものとして尻岸内産のもの，折浜のものとして住吉産のものを用い，比粘度を求めた所夫々1.275，1.1～1.2，1.208，1.12～1.16，1.250 で発育地域によつて稍々差かあるが，これから品質との関係を導出すのは困難である。

(10) 種類と粘度

この試験結果を第8表に示した。この結果では *Kjellmaniella* に属するトロロコンブとガゴメとは粘度が高く，***Laminaria*** に属するものではナガコンブだけが粘度が高い。一般に品質の優れたリシリコンブ，ラウスコンブ，ミツイシコンブでは粘度が低いのであるが，マコンブだけは生育地域によつて著しく高いものもある。マコンブの中でも最高品である尾札部産のものが粘度が高いが，加工用として優れる理由はこゝにあるのかも知れない。

第8表 種類と比粘度

マコンブ	1.1～1.3
リシリ(沓形)	1.209
ミツイシ(日高)	1.022
ラウスコンブ	1.1
ホソメコンブ	1.189
ガゴメ	1.522
ナガコンブ	1.505
アツバコンブ	1.189
ネコアシコンブ	1.146
トロロコンブ	1.3～1.7

(11) 粘度の個体変化

個体変化の程度を知るために八雲産マコンブを6個体用いて試験した。その結果は1.377，1.289，1.286，1.277，1.249，1.175 であつて，変動係数は5.303%である。

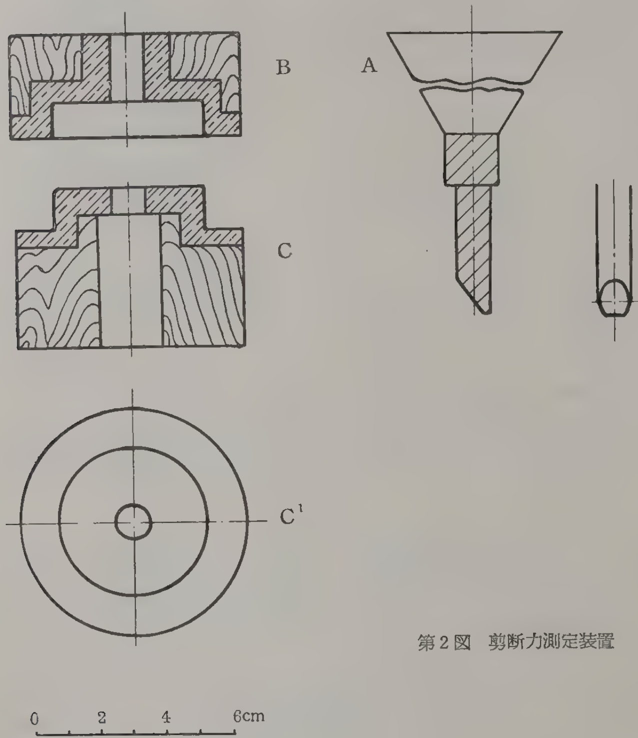
(13) 結　論

粘度はダシの優劣の順序と関係が無い。例えば品質優良なマコンブでも粘度の大なるものがあり，品質の劣るガゴメ，ナガコンブ，トロロコンブでも粘度が大で，同じく品質の劣るアツバコンブ，ネコアシコンブでは粘度が低い。

6 昆布の種類と剪断力

惣菜として用いられる昆布の量も少くない。惣菜として用いる場合には調理した時に適当な柔さである必要がある。昆布の品質を考える場合この硬さの程度も重要な項目となつてくる。硬さの測定には種々の装置により種々の方法が講ぜられているが，こゝで云う硬さとは歯切れの強さであつて，この程度を知るには剪断力を測定するのが最適

である。この装置を試作した。その概要を第2図に示した。



第2図 剪断力測定装置

図のAは錘の散弾を入れる漏斗を附した鋼鉄製の刃であり，荷重量に対する剪断力を強めるために斜に削り，削つた部分にも刃をつけてある。CはAの刃と嚙合つて剪断をする部分であり真鍮で作つてある。Bは刃Aのガイドであり精密に工作されておる。Bは叉試料を押えつけて安定させる働きもする。Aは62.7gの重量があり，これに散弾を加える時にはなるべく一定の速度で，且つ低い位置から落し，Aが降下し始めた時に荷重を加えるのを止め，加えられた散弾の重量にAの重量を加えて結果としてそのまゝ示した。煮た昆布の厚さを正確に求めて剪断力を算出することが困難だからである。

(1) 加熱時間と剪断力

昆布は加熱すると軟化するが，軟化の進行程度，加熱前の水浸の影響，加熱水に1%食塩水を用いた時の効果等については不明である。先ずこれの検討から始めた。加熱は沸騰状態で行い蒸発によつて失われた水は蒸溜水で補つた。試料は根元に近い部分の中央部を用いた。

実験の結果は総て10回の平均値でこれを第9及び10表に示した。これによると加熱によつて剪断重量の低下して行くのは明かで，1%食塩水中で加熱したものは然らざるものよりも幾分硬いようであり，予め水に浸けたものは早く軟くなるようであるが著しく目立つてはいない。この傾向は森産マコンブ，厚岸産ナガコンブ，日高産ミツイシコンブ，羅臼産チジミコンブに共通であつて種類による差は認められない。

(2) 加熱温度，剪断力及び硬さの感覚程度との関係

八雲産マコンブ及び日高産ミツイシコンブの根元に近い中央部を試料とし，温度は30，60，100°Cとした。硬さの感覚的標準として理想的な硬さの昆布巻を考え，試料昆布の硬さが理想的標準に近いか遠いかて感覚の程度を表現し，その上限及び下限を硬くて嚙切れないか，叉柔くて箸でちぎれるという所に置いた。結果を第11表と12表とに示す。適当な軟さはこの装置で150〜200gの荷重で示される。100°Cでは2〜4時

第9表　加熱時間と剪断重量

	森産マコンブの剪断重量 g			
	直接水道水		水浸16時間後水道水	
	無添加	1%NaCl添加	無添加	1%NaCl添加
10分	995.0	1232.7	885.2	1047.7
30	682.7	1012.7	649.7	765.2
1時間	617.1	608.7	445.7	493.2
2	618.7	448.7	262.2	300.7
3	376.5	314.7	208.2	224.7
4	258.2	268.7	183.7	222.7
5	178.2	235.7	142.2	149.9

第10表　加熱時間と剪断重量

		時間	10分	30分	1時間	2	3	4	5
ナガコンブ(厚岸)	直接水道水	剪断重量 g	1330.7	836.7	473.7	238.7	204.7	162.7	155.2
		煮後の厚さmm	1.21	1.28	1.42	1.37	1.49	1.51	1.66
	水浸16時間後水道水	剪断重量 g	1240.7	635.7	520.7	208.7	186.7	130.5	111.7
		煮後の厚さmm	1.83	2.14	1.94	2.01	2.23	2.05	2.05
ミツイシコンブ(日高)	直接水道水	剪断重量 g	1662.7	878.2	594.3	253.2	212.7	184.7	146.7
		煮後の厚さmm	1.23	1.53	1.44	1.93	1.89	1.81	1.71
	水浸16時間後水道水	剪断重量 g	1290.7	687.7	661.7	262.7	151.7	149.8	124.5
		煮後の厚さmm	2.02	1.92	1.84	2.06	2.11	1.67	1.79
チジミコンブ(羅臼)	直接水道水	剪断重量 g	1138.7	697.7	574.7	288.7	213.2	189.7	123.6
		煮後の厚さmm	1.49	1.74	1.74	1.67	1.53	1.69	1.68
	水浸16時間後水道水	剪断重量 g	820.7	560.7	304.7	176.4	121.7		
		煮後の厚さmm	2.01	1.91	2.06	2.31	1.90	1.89	2.02

註：8時間以上は総て刃の重量で切れた。
煮前の厚さ：ナガコンブ，0.78;　ミツイシコンブ，0.95;
チジミコンブ，1.22

間で適当な軟さになるが，60°と30°Cとでは何時間加熱しても適当な軟さにならない。

(3) 剪断力の個体変化

試料として日高産ミツイシコンブ6個体をとり，100°C，2時間加熱した。その結果荷重は374.2，313.2，291.7，263.4，258.2，234.2gであり，煮た場合の厚さは大凡1.59，1.60，1.92，1.87，1.66，1.52mmで

第11表 加熱温度、剪断重量及び感覚との関係（八雲産マコンブ）

		剪断重量 g	煮後の厚さmm	感覚
30°	1時間	776.7	1.45	歯が辛うじて立つ
	2	644.3	1.60	〃
	4	767.7	1.49	〃
	24	822.7	1.51	〃
	49	1048.7	1.52	〃
60°	1	793.7	1.58	歯は立つが硬すぎる
	2	628.2	1.55	〃
	4	803.4	1.54	〃
	6	798.7	1.59	〃
	8	779.7	1.61	〃
	16	536.7	1.67	〃
	24	600.7	1.66	〃
100°	1	392.7	1.50	60°;1時間のものより少し軟い
	2	273.2	1.59	昆布巻に少し硬い
	4	252.7	1.58	丁度良い
	6	173.7	1.78	軟くくだけ易い
	8	110.7	1.76	〃

第12表 加熱温度，剪断重量及び感覚との関係（日高産ミツイシコンブ）

		剪断重量g	煮後の厚さmm	感覚
30°	2時間	約 150以上	1.68	歯が立たない
	4	〃	1.72	〃
	24	〃	1.82	〃
60°	1	〃	1.49	歯が立たない
	2	〃	2.04	〃
	4	〃	1.95	〃
	6	1385.7	2.02	〃
	12	1304.7	1.89	〃
	16	1283.7	1.99	〃
	24	1189.7	1.96	〃
100°	0.5	1105.7	1.42	辛うじて歯が立つ
	1	752.7	1.54	かなり硬い
	2	340.7	1.64	食べられるが幾分硬いめ
	4	158.7	1.67	幾分柔かめ
	6	113.7	1.75	柔いが箸でくだける程でない
	8	98.7	測定不能	箸でちぎれる

あつた。荷重の平均は289.2gであり変動係数は22.04%であつた。これを結果の判断に役立たせる事も出来るが，また，一様に加熱しても全部が一様に適当な軟さになると限らないことも知られる。

第13表 部位と剪断重量

部位	剪断重量 g	煮後の厚さmm
先端	246.7	1.57
中部	507.7	2.07
根元	346.7	2.39
中部の端	83.8	0.90

(4) 部位と剪断力

森産マコンブを用い，ダシや粘度の場合と同様4部に分け，100°Cで2時間加熱し，剪断重量を測定した。その結果は第13表の如くで，先端及び両端は厚さの薄いのも事実であるが，それ以上に剪断され易いことが判る。

(5) 種類と剪断力

試料の部位は中央部の中央とし，100°Cで2時間加熱した。煮後の厚さはマイクロメーターを用い昆布の表面が軽く抑えられる程度にして測り，この厚さ1mmに対する剪断重量を算出して第14表に示

第14表 種類と剪断重量

昆布の種類	剪断重量 g	煮後の厚さmm	g/mm
マコンブ（尾札部）	263.7	2.29	115.1
〃 （八雲）	280.2	1.59	175.7
〃 （森）	507.7	2.07	245.5
〃 水コンブ（尻岸内）	274.7	1.38	199.0
リシリコンブ（沓形）	529.2	2.00	264.6
〃 水コンブ（沓形）	280.7	1.63	172.2
〃 （鴛泊）	265.7	2.27	117.0
〃 （仙法志）	435.7	1.84	236.7
ミツイシコンブ（日高）	288.7	1.69	170.8
ホソメコンブ（松前）	278.7	1.22	228.4
ラウスコンブ岸（羅臼）	159.3	2.25	70.8
〃 沖（羅臼）	136.7	2.72	50.2
ナガコンブ（根室）	191.7	1.06	180.0
アツバコンブ（歯舞）	189.7	1.62	117.0
〃 （厚岸）	246.7	1.96	125.8
チジミコンブ（羅臼）	216.7	2.01	107.8
ネコアシコンブ	346.7	1.54	225.1
ガゴメ（戸井）	504.7	1.53	329.8

した。これでは産地による変動が著しく，種類による一定した傾向を示すことが困難である。個々の種類について云うならば，惣菜に向いて軟くなり易いと言われるミツイシコンブが特に軟くなり易いこともなく，羅臼コンブは煮た場合の厚さが大であるに拘らず沖，岸とも目立つて軽い。同様のことが尾札部産マコンブ，鴛泊産リシリコンブについても言われ，これが加工昆布としての長所を示しているのかも知れない。チジミコンブについても同様の傾向にあると云える。これに反して，品質の優れないものは厚さに較べて剪断重量が大きい。この原因として質が硬いこともあろうが，繊維含量が多く寧ろこれによつて剪断力が増大しているように感ぜられた。第14表の結果では剪断重量は大体250g前後であつて昆布巻としては稍々硬い程度である。

(6) 結 論

惣菜に向くと云われているミツイシコンブが特に軟いこともなく，寧ろラウスコンブ，チジミコンブ，アツバコンブが厚さの割合に軟いと云える。加熱温度が60°C以下では食用に適当な軟さとはならず，100°C

では2時間程度で適当な軟さとなる。

7 昆布の種類と煮た場合の色調

ミツイシコンブが惣菜に用いられる理由の一つとして煮た場合の色調が緑がかつて美しいことが挙げられている。色調は食品の品質考究上忘れられない問題であり，こゝに取上げた。方法は種類による剪断重量の測定のために加熱した試料をそのまゝ用い，日本色彩研究所製作の色の標準と対比し，色相，彩度，明度を数値で表わした。その結果を第15表に記した。

第15表 種 類 と 煮 沸 昆 布 の 色

種類	産地（等級）	色相	彩度	明度
マコンブ	尾札部	7	4	15
	尻岸内（先 1）	6	3	13
	〃（中 1）	7	3	13
	〃（中 2）	7	3	13
	〃（中 3）	7	4	15
	〃（後 1）	6	3	13
	住吉	6	4	15
	森	6	3	13
	八雲	7	3	13
リシリコンブ	鴛泊（1）	7	3	13
	仙法志（1）	6	3	13
	沓形（1）	6	3	13
	〃（水）	7	3	13
ミツイシコンブ	日高（1）	7	3	13
	尻岸内	7	3	13
ホソメコンブ	松前	3	3.5	13
ラウスコンブ	羅臼（沖）	6.5	3	13
	〃（岸）	6.5	3	13
ナガコンブ	厚岸	7	4	15
	根室（さお前）	7.5	4	15
	〃（夏）	7.5	4	15
アツバコンブ	歯舞	7	3	13
	厚岸	7	3.5	13
トロロコンブ	厚岸	7	3	13
ネコアシコンブ	歯舞	7	2.5	13.5

これによると，色相は6乃至7で幾分8に近いものもある。色名から云うと，黄だいだい（yellow orange）から幾分黄（yellow）がかつた黄あかみ（reddish orange）であつて，緑系統のものは全くない。明度は13と15とであり，彩度は3若しくは4であつて，昆布の種類による色調の差異は著しくなく，一般にその色調は黄茶（yellowish brown）から暗い黄茶（dark Y.B.）の比較的狭い部分に分布している。この分野で消費者の嗜好を論ずるのは困難であり，煮た場合の色調は昆布の品質に著しい影響を与えていないと云える。

8 種 類 と 厚 さ

昆布の加工に際しては原藻にある程度の厚さのあることが必須条件となつている。昆布の厚さと評価とが密接な関係にあると考えられるので，市販状態の乾燥度の昆布の根元に近い部分の中央の厚さをマイクロメーターで測つた。その結果を第16表に記す。これによると乾燥時の厚さが1 mm を越えるものはマコンブ，リシリコンブ，ラウスコンブで大体加工昆布として優良なものは総て厚いことが判る。

9 考 察

以上で昆布の品質に影響を及ぼすと考えられた，ダシの味，抽出液の粘度，煮た場合の昆布の剪断力と色，最後に原藻の厚さに対して検討を終えたので，結果をまとめて考察し昆布の種類に対する品質の格付けを行う。その方法は，昆布の用途のうち調味品としての利用が最も重要であるので，ダシの味に総点10点のうち7点を配し，粘度，剪断力及び厚さに対して1点を配したが，煮た場合の色については品質に関係がないと思われたので0点とした。

第16表 種類と厚さ

昆布	厚さmm	昆布	厚さmm	昆布	厚さmm
マコンブ		リシリコンブ		ラウスコンブ	
森	1.1	沓形 1	1.25	沖	1.04
住吉	1.1	2	0.93	岸	1.05
尾札部	1.1	3	0.85	ナガコンブ	
八雲	0.8	4	0.50	根室夏	0.33
尻岸内先1	1.3	水コンブ	0.64	〃 さお前	0.28
2	0.83	鴛泊 1	0.91	厚岸	0.78
3	0.65	2	0.90	アツバコンブ	
中1	1.13	3	0.87	厚岸	0.77
2	1.0	4	0.87	歯舞	0.46
3	1.15	仙法志	0.65	ネコアシコンブ	
後1	1.3	ミツイシコンブ		歯舞	0.45
2	1.23	日高	0.5	トロロコンブ	
3	1.05	尻岸内	0.9	厚岸	0.30
2等異	0.89	ホソメコンブ		歯舞	0.20
水コンブ	0.67	松前	1.05		
ガゴメ		チジミコンブ			
戸井	0.70	羅臼	0.87		

ダシの味は，その程度に応じて8段階に分け，最高に7点，最低に0点を配した。ラウスコンブの順位を引上げたのはその味の濃厚さを特に斟酌したからである。

第17表 昆布の品質

種類	味	粘度	剪断力	厚さ	計
マコンブ	7	0	0	1	8
リシリコンブ	6	0	0	1	7
ミツイシコンブ	5	0	0	0	5
ラウスコンブ	4	0	1	1	6
ホソメコンブ	3	0	0	1	4
ガゴメ	2	1	0	0	3
ナガコンブ	1	1	0	0	2
アツバコンブ	1	0	1	0	2
ネコアシコンブ	0	0	0	0	0
トロロコンブ	0	1	0	0	1
マコンブ(水)	0	0	0	0	0

粘度については，比粘度が1.5以上のものと以下のものとが明かに差をつけうるので，1.5以上のものを粘度が高いとし，一応粘度を利用する場合を考慮に入れて粘度の大なるものに1点，然らざるものに0点を与えることにした。

煮た場合の剪断力では，煮た場合の藻体の厚さで剪断に要した荷重を割つた値が120の所で明かに区別されるので，これ以下のものが煮た場合軟くなり易いものと考えた。軟くなり易いものが品質にプラスの影響があるとすること自体に問題があるかもしれないが，昆布は元来煮崩れし易く一定の形を保つのに困難であるというものではないから，軟いものが優れていると考えることに著しい間違いはなかろう。それ故前述の値が120以下

となるものに1点を与えた。

煮た場合の色は種類によつて識別される程の差もなく，したがつて著しい影響も無かろうと考えこれは点を与えなかつた。

以上の配点表を第17表に掲げる。合計点数の大きいもの程品質が優れていると考えられるわけであるが，こうして格付けされた順位は昆布の品質に対する常識とよく一致している。逆に云うと，各項目の検討と配点とが妥当であつたことを物語るものである。

10 結　　論

前掲の第17表のように，昆布の品質はマコンブ，リシリコンブが最も優れ，次いでラウスコンブ，ミツイシコンブが位し，次のグループはホソメコンブとガゴメとである。最もよくないものはネコアシコンブと水コンブとで，ナガコンブ，アツバコンブ，トロロコンブは最低よりやゝ勝る。

謝　　辞

昆布の収集には北海道水産部水産製品課及び各地水研の方々，昆布の種類の鑑定には本学部の時田教授と近江助教授，剪断力測定装置製作には本学部の小林喜一郎教授に，ダシの味と厚さの測定には工藤由美子氏に，それぞれ協力指導していただいた。厚く御礼申上げる。

文　　献

1) 池田菊苗 (1909). 東京化学会誌 30, 820.
2) 佐藤久次・森田睦夫 (1953). 北水誌月報, 10, 51.
森田睦夫 (1954). 日化 75, 1209.——(1955). 日化 76, 692.
3) 藤原輝子 (1956). 神戸山手女子短大紀要 1, 13.
4) 片山輝久 (1958). 日本水産学会講演要旨. 132p. 東京
5) 唯岡蘭子 (1957). 家政誌 7, 156.
6) 中川一雄 (1956). 昆布の生産から消費まで. 237p. 函館; 北海道水産新聞社.
7) 岡村金太郎 (1936). 日本海藻誌. 964p. 東京; 内田老鶴圃.

昆　布　の　品　質
第2報　マコンブの品質に対する検討

村田喜一・大石圭一・田村祐子・金井英治・和田幸子・柴田一郎・*木村喬久
（北海道大学水産学部水産食品化学教室）
*（北海道大学水産学部水産細菌学教室）

Quality of Edible Seaweeds belonging to the *Laminariaceae*.
2. Studies on the quality of *Laminaria japonica*.

Kiichi MURATA, Keiichi ŌISHI, Yūko TAMURA, Eiji KANAI, Yukiko WADA, Ichirō SHIBATA, and Takahisa KIMURA

Abstract

Seaweeds belonging to the *Laminariaceae* are palatable and used mainly as seasoning. Among these, *L. japonica* is appreciated as the highest in quality from long ago by merchants owing to the fancy of people in the Kansai district, but the qualifications have never been ascertained scientifically.

The evaluation by merchants is as following: The quality changes according to the locality of the plant and the transition of the changes is continuous. Kakkumi plant is of supreme quality and the farther from Kakkumi on both sides, the lower the quality becomes. The changing of the quality is very acute, e. g., the price of 37.5 kg seaweeds declines about one thousand yen per one kilometer of coastal line, as shown in Fig. 1.

To ascertain the relation if any between life-enviroment—geological and hydroclimatical—and quality, have been carried out along routes shown in Fig. 2. Geologically, from the writers' examination on the sorts of rock and topographical patterns, the following items are obtained: Habitat of high quality *L. japonica* is a pebbly beach of rhyolite, which is rather white in colour and rich in silicate. But this feature may be a mere accidental fact, because such habitat can not be seen as inevitable for supreme quality.

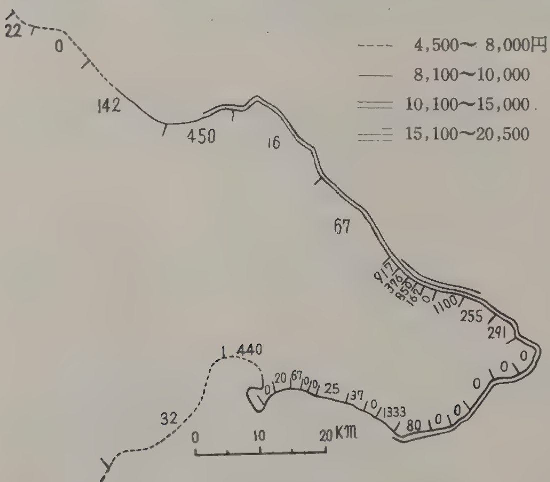
Hydroclimatically, the waters of the sea, rivers and hot springs shown in Fig. 2 were sampled; the temperature, pH value of water, consumption of potassium permanganate, chlorinity, contents of total nitrogen and total phosphate were measured. In conclusion, so far as the present analyses are concerned, no relations are found between hydroclimate factors and the quality of *L. japonica* itself.

ま　え　が　き

第1報[1]の判定法，即ちダシの味，粘度，煮たものの柔かさ，藻体の厚さを比較したのでは，マコンブ品質の地域的相違を確認することが出来なかつた。然しながら商取引上には徴細を極めた格付がなされており，然もその大綱は何百年とも知れぬ昔から受けつがれているものの如くである。この格付は世間一般でも信用され，権威のあるものであり，敢て疑を挾む者はない。マコンブ格付の当否は別としてその現況を次に述べる。

〔マコンブの格付〕

格付として存在するものは，価格比率である。価格は豊況等によつて年々変動することもあるが，比率は不変である。第1報の第1表に掲げた昭和32年度の価格も，不文律として存するこの比率によつて決められたものである。試みにこの表より，各漁場間の価格差を各漁場間の距離で割つたもの，即ち海岸線1km当りの価格差を計算したものは第1図の如くであるが，これより地域的に価格変動の極めて著しいことが知られるであろう。特に変動の激しい所は尾札部村字川汲附近であつてkm当り1,000円を越す所もある。尻岸内村と戸井村字汐首間にも著しい差異があるが，これは元揃と折とで検査規格が異る為に生じた価格差で，昆布の品質自体にはそう著しい差が無いようである。これらのマコンブ地帯は北海道の極く一小地域であり，地理的な自然環境にさまで著しい変化はあると思えない。この様な地帯に生育するマコンブにかくも著しい人為的価格差をつけてあること自体に何か不自然さを感じさせられる。



第1図　マコンブの地域的価格差 円/10貫/km

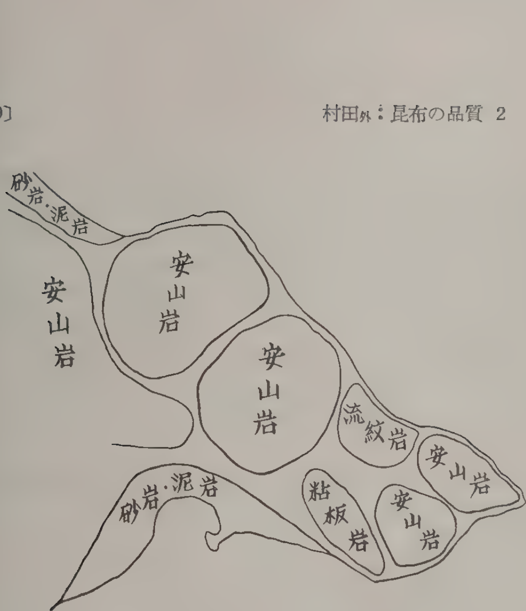
このマコンブの格付の意義を理解している者は地元に1人も居ない。各地区に水産物検査員がおり検査規格があつても，それは第二義的な外観についての規定であり，生産者たる漁民と昆布加工業者との取引に対する紛争を防止する程度の意義よりなく，また自己管轄の狭い範囲の等級を決めるに留まる。その原因としてはマコンブは総て大阪に移出され，そこで加工され主にそこで消費されるものだからである。マコンブを格付したのは主に関西の消費者の嗜好を代表した大阪の昆布加工業者であつて，一般に良いマコンブとは次のようなものであるとされている。それは第1に味がよく，加工歩留がよく，貯蔵中にフケル（マンニットが表面に浮び出る現象）ようなことなく，調製（乾燥，枯葉の芟除，砂払い等）がよいものである。端的に言えばよく売れてよい成績を得られるものと云うことである。こうした観点からの長年の経験がつみ重なつて現在の格付けが一方的に出来たものと思われる。

〔マコンブの格付と地質図との関係〕

マコンブの品質を科学的に裏付けることが困難であるとしても，生育環境には品質に応じた差異が見られぬものであろうか。第2図に北海道地下資源調査所発行の地質図[2]から略記したものを掲げる。第1図の海岸線の破線及び実線の一，二，三重線はそれぞれその浜で産するマコンブの価格を示すものであるが，これを第2図と較べると，三重線の最も高価な所は流紋岩地帯と一致し，二重線の所は安山岩地帯と一致する。一重の実線と破線の部分とは砂岩及び泥岩の地帯と一致する。これは或いは偶然の一致かも知れない。何となれば，昆布の品質と地質との間には必然的因果関係を見出すことが出来ないからである。とは云うものゝ，一応調査に値すると考えて，次の計画を実施した。

マコンブ地帯の地質・水質学的環境の調査

項目は地形及び岩石の種類の調査及び水質分析とした。調査は昭和33年8月の3，4，5，6，の4日間行つた。調査期日，ルート，採水地点を第3図に示した。



第２図　マコンブ地帯地質図



第３図　試料採取地点

〔地　　形〕

判定は調査員の肉眼観察と調査員が撮影したカラーフイルムの検討とを綜合して行つた。第１図の一重の実線の部分，即ち函館より汐首までの間は主として砂浜である。次に二重線の部分，汐首一木直間は岩石の地帯である。木直より大舟までの三重線の部分は礫の地帯で，次の二重線大舟一砂原間は岩石，礫，砂と変化して行き，次の森以遠は砂浜である。然しながら，このことから直ちに礫地帯が最も優れるとの結論はなし得ない。礫地帯以外でも部分的に礫の浜があるが，そこが特に優れているとの評価がなされていないからである。

〔地　　質〕

主として海岸線の岩石を採集し鑑定した。川汲川を中心として流紋岩が見られた他，大部分は安山岩系のものである。こゝに興味ある事実は，マコンブの最高品質産地である川汲に近づくにつれて岩石は白つぽくなつて行き，遠ざかるにつれて黒つぽくなつてゆくということである。第１表に北海道産安山岩と流紋岩との分析表を示すが，これによると後者には石英が多い。又安山岩でも白つぽいものには石英が多く，黒つぽいものには輝石，角閃石が多いのであつ

第１表　北海道産流紋岩及び安山岩の平均組成　※1

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O	TiO	P_2O_5	MnO
流　紋　岩	73.03	12.97	0.65	0.79	0.53	0.98	3.79	3.38	0.49	0.05	.tr	0.13
安　山　岩	57.13	14.40	6.03	5.45	3.17	6.81	3.04	1.41	1.76	0.80	0.18	0.14

※ 1.　押手敬氏の計算によつた。

て，一見石英含量とマコンブの品質との間に関係がありそうに思われる。これに対して，原田氏は，若し岩

石がマコンブの品質に影響があるとすれば，それは成分の影響というよりも，岩石の割れ方の相違が海岸の岩石のブロックの大きさに影響し，これが品質と関係があるのではなかろうかと言つていた。この考えと関係ありそうに思われることは“アマバン”と称して昆布の生育しない岩石と考えられるものが各地に存在することである。例えば小安沖で我々が採集したアマバンは粘板岩の一種であつて昆布が着生するが，シケがあると岩板がはげて昆布が流失してしまうと言うのである。また，川汲では，北海道庁がしきりに推奨している昆布増殖の為の投石が無効果なる事実を挙げ，これは岩質によるのではなく，実際優良種が生えている岩塊でもこれを壊いて小塊にすると昆布の発育はよろしくないと言つていた。若しこれらが事実とすれば，岩石の構成成分よりもその岩石の持つ物理性が大いに影響しているように見受けられる。投石の効果は，水深，海底の傾斜，流速，岩塊の大きさなどによつて左右されるようである。

〔水　質〕

海藻の如きものは品質と水質との関係が想定される。但し昆布は沿岸性のものであり，河川水の影響を大きく受けている筈である。これらの関係を五十嵐氏[5]は次のように述べている。

○河口のコンブは良い（ただし泥土を流し出す所は生育しない）。

○山間の渓流を入れる河口ほど良質のコンブを出す（水質のpH値は低い）。

○丘と河岸に樹林のある河水はpH値が低く，清澄である。

この他にも，温泉と昆布の品質との関係を考えている漁民もある。

昆布の品質と水質とを考察する為に第3図に示すようなルートと，地点とで採水を行つた。採水は 250cc

第2表　マコンブ地帯の水質調査（1958年8月）——海水

	海水	日時	気温	水温	pH	$KMnO_4$ mg/L	Cl ‰	N mg/L	P mg/L
1	湯の川	3.10	21	21	7.72	3.99	18.24	0.63	.01
2	小安	3. 9	26.5	22	7.81	4.67	18.75	0.68	<.01
3	尻岸内	3.16	21	19	7.62	4.40	18.14	0.84	〃
4	椴法華	4. 8	19	18.5	7.70	3.66	16.47	0.77	〃
5	〃 〃 沖表	4.10	19	18	7.69	3.59	17.42	0.91	〃
6	〃 〃 沖底	4.10	19	18	8.01	3.53	17.90	0.91	.01
7	木直	4.12	19	18	7.30	3.53	<15	0.48	<.01
8	尾札部	4.12	20	19.5	7.34	3.81	〃	0.66	.01
9	川汲	4.15	21	20	8.00	3.81	16.36	0.58	.02
10	大舟	5.10	22	18	7.70	3.43	<15	0.53	<.01
11	磯谷	5.11	23	18.5	7.79	4.77	17.49	0.59	〃
12	鹿部	5.10	26	21	7.52	4.12	<15	0.77	.02
13	沼尻	5.15	23	21	7.51	4.49	15.73	0.84	.04
14	尾白内	5.15	26	19	7.62	4.58	17.66	0.53	<.01
15	石倉	6.11	25.5	21.5	7.70	1.45	<15	0.91	.01

容ポリエチレン壜に入れ，防腐することなく実験室に運び，短時間のうちに分析した。

温度とpH値とは現地で測定した。但しpH値は東洋濾紙のpH試験紙を用いたが後に検討したのでは，誤差が著しいのでその結果は採用せず，試料採取後数日経過のものをベックマン社のpH メーターで測定した価を採つた。Clは海洋観測法により，$KMnO_4$消費量，N及びPはtotalの形でこの3者は湖沼調査法[4]の記載に準じて操作した。これらの測定結果を第2，3，4表に示す。五十嵐氏は昆布の品質は水のpHが低い程

第3表　マコンブ地帯の水質調査（1958年8月）——川水

	川　　水	日　時	気　温	水　温	pH	KMnO₄ mg/L	Cl ‰	N mg/L	P mg/L
1	汐泊川	3.10	23	16.5	7. 0	0.71	<15	0.48	<.01
2	高屋敷川	3.10	23	18	6. 4	.68	〃	.41	〃
3	熊別川	3.13	22.5	16	6. 4	.46	〃	.59	〃
4	尻岸内川	3.16	21	15	7. 0	1.26	〃	.46	〃
5	古武井川	3.17	21	17	4. 4	.40	〃	.46	〃
6	矢尻川	4. 8	19	15	6. 4	.48	〃	.44	〃
7	白井川	4.12	19	15	4. 0	.61	〃	.46	〃
8	八木川	4.12	21	15	5.12	.10	〃	.44	〃
9	川汲川	4.15	21	17	6. 8	.50	〃	.44	〃
10	大舟川	5. 9	22	17	6.95	.30	〃	.66	〃
11	磯谷川	5.10	23	19	7. 2	1.45	〃	.46	〃
12	折戸川	5.10	26	17.5	3. 5	.77	〃	.59	〃
13	明神川	5.14	22	14.5	6.82	1.45	〃	.66	〃
14	尾白内川	5.16	24	20	6.88	1.12	〃	.74	〃
15	鳥崎川	6.11	27	21.5	7. 4	1.24	〃	.41	〃
16	蛯谷川	6.11	24.5	15.5	7.18	.94	〃	.77	〃
17	濁川	6.11	25.5	22	7.70	2.19	〃	.56	〃

よいとしているが，今回の結果ではそれを裏付る事実が見出されなかつた。$KMnO_4$の消費量は湯の川温泉水が特に多かつた他，特にマコンブの品質との関係を意義づけるようなものはない。海水のCl量の程度によつて河川水の混合の程度が知られると思うが，この量も品質とは関係なさそうである。同様に全N，全Pも品質とは関係が認められない。この分析の範囲内では水質と品質との関係を認めることは出来ない。

〔結　び〕

以上の調査結果から，地形並びに地質が品質と若干関係のある如くに思えた。また今回は調査し得なかつたが，水流が大きな要素をなしているようである。良質の昆布は一般に荒磯に生育し，築港内等波の静かな所のものは良くないとされているからである。又，日照との関係も深いのは当然で，沖よりも岸のものが良いのは，日照によるものと云われている。前述の水流と共に生育環境の深度，濁度等は昆布の品質と関連さ

せて考えねばならない重要な点である。

第4表 マコンブ地帯の水質調査（1958年8月）——温泉

	温泉	日時	気温	水温	pH	KMnO₄ mg/L	Cl ‰	N mg/L	P mg/L
1	湯の川	3.10	21	52	7.32	10.54	<15	0.74	.02
2	恵山	3.20	21	43	2.10	0.52	〃	0.56	<.01
3	磯谷	3.15	22	41	7.6	.24	〃	0.77	〃
4	川汲	4.16	21	43	8.85	.09	〃	0.43	〃
5	大舟下	5.10	22	51	7.92	.30	〃	0.91	〃
6	磯谷	5.11	23	54	7.60	.56	〃	0.91	〃
7	鹿部	5.10	26	54	7.19	.09	〃	0.91	〃
8	濁川右	6.6	19.5	5.45	7.02	.33	〃	0.91	〃
8′	〃 左	6.6	19.5	48.5	7.35	.77	〃	0.77	〃
8″	〃 奥	6.6	19.5	41.5	7.00	.25	〃	0.56	.01

昆布格付に対する吟味

第1報[1]の第1表に示した価格は1等品についてのものであり，一般には1等品の価格を見てその浜の品質を考え勝ちである。所が，昆布の検査規格には等級があり，2，3，4等品の価格はそれぞれ1等品の0.8，0.6，0.4掛であつて，各漁場の昆布の品質を考える場合には各等級をも入れて平均して考えねばならない。第5表には，各漁村単位の貫当り価格と，尾札部産の価格を100とした比率とを示した。これを見ると1等品から想像した格付とかなり異つた様子を示している。年々の変動があるが，自他共に日本一の品質を誇る尾札部産のものが圧倒的に他より優れた格付けが行われているわけではない。こゝに価格操作上のカラクリがあるような気がする。果して尾札部産昆布は評判程よくないものであるか。少くとも第5表の比率を漁民は元より行政の衝にある者もあまり深く考えていないのではなかろうか。こういう点を検討する為にもマコンブの格付の科学的裏付が痛感される。

あ と が き

本報は予報の域を脱しないのであるが，研究並に行政の部門の昆布に対する比重は極めて軽く，殊に，北海道南部地区では，既にホッケは不漁で，スルメイカも急減している今日，昆布は漁村経済上残された唯一の資源であるので，昆布に対する問題の所在を明かにする為に敢て草した次第である。

調査に協力を得た北大水産学部，田ノ上家久氏，昆布の品質に対して御教示を賜つた大阪昆布商工同業組合長，辻善之助氏，小倉屋昆布店社長，山本利助氏，前函館水産物検査所長，田川達郎氏，岩石の鑑定・岩石の分析結果を教示された北海道学芸大学，押手敬氏，岩石につき教示賜つた北海道大学理学部，原田準平教授に，内容を吟味して頂いた本学，近江彦栄助教授及び水質分析のデータを吟味された東北海区水研，奥田泰造氏に厚く感謝申上げる。

第5表　北海道南部地区の昆布価格と比率

村名	昭和29年度		昭和30年度		昭和31年度		昭和32年度	
	価格 円/貫	比率	価格 円/貫	比率	価格 円/貫	比率	価格 円/貫	比率
江良			200	23.3	200	18.1	450	72.9
赤神	380	40.6	350	40.9	814	73.9	441	71.4
松前	150	16.0	220	25.7	969	88.0	266	83.1
吉岡	400	42.8	400	46.7	500	45.4		
福島	400	42.8					540	87.5
知内	319	34.1	402	47.0			497	80.5
木古内	227	24.3	350	40.9	450	40.8	400	64.8
茂辺地	120	12.8	350	40.9	250	22.7	300	48.6
上磯	150	16.0	344	40.2	400	36.3	362	58.6
函館	500	53.5	714	83.5	1,286	116.8	700	113.4
銭亀	646	69.1	663	77.5	938	85.1	737	119.4
戸井	485	51.9	704	82.3	938	85.1	748	121.2
尻岸内	535	57.2	519	60.7	873	79.2	630	102.1
椴法華	500	53.5	523	61.1	782	71.0	569	92.2
尾札部	934	100.0	855	100	1,101	100	617	100.0
臼尻	605	64.7	700	81.8	1,275	115.8	881	142.7
鹿部	476	50.9	527	61.6	829	75.2	741	120.0
砂原	318	34.0	477	55.7	842	76.4	606	98.2
森	360	38.5	420	49.1	1,335	121.2	616	99.8
落部	454	48.6	410	47.9	1,076	97.7	397	64.3
八雲	249	26.4	428	50.0	1,000	90.1	437	70.8
長万部	200	21.4	300	35.0	450	40.8	222	35.9

文　　献

1) 大石・田村・佐坂・村田 (1959). 本誌 9, 283―298.

2) 北海道土木部 (1954). 北海道地質図 (Ⅰ) 西部 1/20万 札幌; 北海道地下資源調査所.

3) 五十嵐 (1954). 林業技術 152, 〔1〕

4) 西条 (1957). 湖沼調査法. 306p. 東京; 古今書院.

アルギン酸の分解に関する研究（予報）

小　黒　美　樹
（北海道大学水産学部海藻化学教室）

Studies on the Decomposition of Alginic Acid (Preliminary Report)

Miki OGURO

Abstract

When alginic acid in aquatic solution was soaked in boiling water, specific hydrolysis of alginic acid was first attemped.

After the soaking in boiling water for a short time (from one to ten hours), water-soluble reducing substances were formed.

The reducing values were quantitativly determined by Somogyi's iodine titration method, and the carboxyl value by standard alkali solution. The results obtained are shown in Fig. 2.

As shown in Fig. 3, the decomposed substances from alginic acid which was treasted with soaking alginic acid solution in boiling water, were identified by paper chromatography with n-butanol-acetic acid-water (5 : 2 : 3) as the solvent.

Throughout the experiments, it was obvious that alginic acid was easily decomposable by soaking in boiling water, and by the decomposition of alginic acid, four decomposed materials were obtained.

緒　　言

アルギン酸は1833年 C. C. Stanford[1)] によつて褐藻類から発見された。その後，褐藻類に存在する高分子物質即ちアルギン酸の本体については，アルギン酸を種々加水分解して，分解生成物の究明えと発展した。現在までの種々の加水分解方法は次の如く整理される。即ち，酸による加水分解，加圧分解，酸による加圧分解，特殊な加水分解等で，これらの外に分解酵素（アルギナーゼ）及びバクテリヤによる分解等がある。

以上のやうな方法等により，アルギン酸の構造については，1926年，厚木・友田[2)] 氏等がポリウロン酸説を提唱し，その後，1929年 L. Nelson & L. H. Cretcher[3)] 等ならびに1930年，三輪[4)] 氏によつてウロン酸が，天然に於て他に存在しない未知の新しい Mannuronic acid であることを確定した。この Mannuronic acid が β 1:4 型グルコシッド型結合であることが，1939年 E. L. Hirst[5)] によつて証明された。

一方，1923年から1924年にかけて田所・宇賀神[6)] 両氏は Mannuronic acid と共に還元性物質である Reductic acid を発見しており，1934年，麻生[7)] 氏がアルギン酸を 40倍量の水と共に加圧釜に入れ 160°C にて 3時間加熱処理して，無色針状結晶を得，Alginetin と称している。又1941年，遠藤[8)] 氏はバクテリヤを用いて，アルギン酸を分解し分解生成物は Tetra mannuronic acid であると報告している。その後 1954年吉川[9)] 氏はアルギン酸分解細菌及びアルギナーゼを用い，1957年 Kooiman[10)] は土壌菌を用いてアルギン酸を分解させ，分解生成物は Mannuronic acid と一部の Oligmannuronic acid をペーパークロマトグラフイによつて認めている。さらに Chanda[11)] 等は1952年にアルギン酸分子中に数%の glucose の存在を認め，1955年，Fischer[12)] 等はアルギン酸は Mannuronic acid と Guluronic acid がその主な構成単位であつて，その外に少量の Glucuronic acid を含む Polyuronide であると云う注目すべき報告がある。従つて現在に至つてアルギン酸の構造並びに構成物質に関して再検討が加えられつゝある。

著者は特殊な加水分解，即ちアルギン酸に蒸溜水を加え，沸騰水中に浸漬するのみで簡単にアルギン酸が分解されることを見出し，興味ある二，三の結果を得たが，詳細なる検討が望まれるわけで研究中であるが，

こゝに予報として報告する。

実験の部

I．試料の調製

試料たるアルギン酸の調製に当つては，日高産三石昆布から純良なアルギン酸を得ることの出来るNelson[8]等の方法，ならびに濾過操作が容易で且つ純良な高粘性アルギン酸を得ることが出来る鈴木[13]法とによつた。

II．実験方法

精製せるアルギン酸 0.3g を正確に大型試験管にとり，蒸溜水 20ml を加え冷却管をつけ沸騰水中に1時間，2時間，3時間乃至10時間まで浸漬し，各時間毎にとり出し濾過する。未分解のアルギン酸については充分洗滌し，エタノール，エーテルにて脱水，脱アルコールを行い風乾した。分解生成溶液については，pH，N/100 NaOH 溶液で滴定して酸度を求め，さらに Somogyi 試薬[14] を用いて還元力を測定した。次いで分解生成溶液を減圧濃縮して，分解生成物質の検索は一次元ペーパークロマトグラフイによつた。

実験結果及び考察

I．pHの測定

分解生成溶液について島津製硝子電極 pH メーターにて pH を測定した。pH曲線は第1図に示した如くであつて，0時間では pH 3.55で1時間後には pH 2.61となり，2時間乃至10時間まででは pHは略々一定となり pH 2.55である。

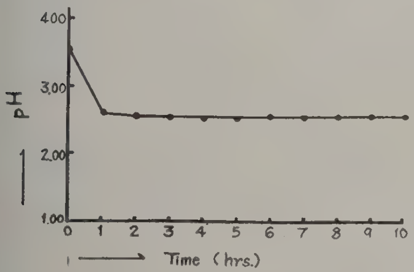


Fig. 1. pH curve of the solutions which was decompoced by boiling when the alginic acid in aquatic solution was soaked in boiling water

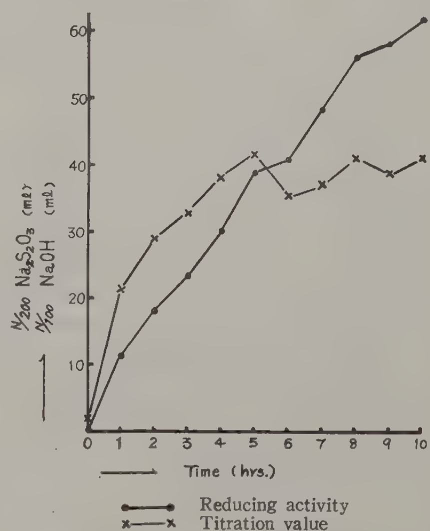


Fig. 2. Reducing activity and Titration acidity

II．N/100 NaOH 溶液による滴定（滴定酸度）並びに還元力の測定

各時間毎に分解生成溶液中の Carboxyl を測定する目的で，分解生成溶液の 1 ml をとり，指示薬としてフエノールフタレンを用い，N/100 NaOH溶液にて滴定し，滴定酸度を求めた。又Somogyi試薬を用いて分解生成溶液の 1 ml をとり還元力を測定した。浸漬時間と還元力，滴定酸度との関係を図示したのが第2図である。第2図で明らかな様に，還元力及び滴定酸度は5時間までは急激に増加するが，6時間では滴定酸度は減少し還元力は5時間の還元力よりわづかに増加する。7時間になると還元力は又増加す

るか滴定酸度は5時間までの如き急激な増加はみられず，わづかに増加する。8時間に於て還元力は増加し，滴定酸度はわづかながら増加する。9時間に於て滴定酸度は減少し，還元力は6時間の場合と同様に，8時間の還元力よりわづかしか増加しない。10時間では還元力及び滴定酸度はわづかな増加を見る。

従つて，滴定酸度及び還元力から，熱エネルギーによるアルギン酸の分解は浸漬時間とともに段階的に行われるものと考えられ，6時間或は9時間に於て，わづかな還元力の増加，滴定酸度の減少は，次の分解えのステップと思われる。還元力並びに滴定酸度は10時間までしか測定していないので10時間以上のことは不明であるが，得られた10時間までの結果から推察すれば，数段階の分解過程を経て還元力並びに滴定酸度が一定となるものと思われるが，更に詳細な検討が必要であり，化学的及び物理化学的方法等も加味して研究中である。

III. ペーパークロマトグラフイによる定性試験

分解生成溶液を 40°C 以下で減圧濃縮し，上昇法一次元ペーパークロマトグラフイで分解生成物質の検索を行なつた。展開剤は，n-ブタノール/酢酸/水， 5：2：3の比率で，発色剤としてアニリンハイドロヂエンフタレートをペーパークロマトグラムに噴霧し，120°C で5分間加熱して発色させた。使用した濾紙は東洋濾紙 No.50である。其の結果は第3図の如きである。

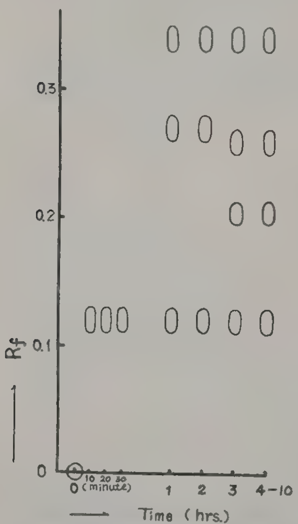


Fig. 3. Diagram of a paper chromatogram (Solvent: n-butyl alcohol/acetic acid/water 5:2:3)

即ち，0時間ではスポットが原点に現われ，10分，20分，30分では何れもスポットがRf0.11—0.13の所に1個現われる。1時間，2時間ではRf0.11—0.13，0.26—0.28，0.33—0.35の3個のスポットが現われてくる。しかし3時間では Rf 0.11—0.13，0.20—0.21，0.25—0.27，0.33—0.35の4個のスポットが認められ，更に5時間以上10時間まで同様に4個のスポットが認められる。Rf0.20—0.21のものは未分解のアルギン酸が分解されて生成したものか，或はRf 0.11—0.13のものが分解されて生じたものかについては明らかでない。

斎藤[15]氏等はアルギン酸分解酵素（アルギナーゼ）を用いてアルギン酸を分解し，分解生成物質をペーパークロマトグラフイによつて検索し，4個のスポットを認めているが，熱エネルギーによつてアルギン酸が分解され，ペーパークロマトグラフイにて4個のスポットを生ずる著者の実験結果とは全く同一であり，Rf値を比較してみると分解生成物質が同一物質である様に思われる。そして斎藤[15]氏等は，Rf 値が0.33—0.35のものは pentose で Rf 0.26—0.28，0.25—0.27のものは Mannuronic acid で Rf 0.20—0.21，0.11—0.13のものはそのダイマーであると考えているが，熱エネルギーで簡単に分解されて生じた物質の確認については検討中である。

IV. アルギン酸及び未分解物質の粘性挙動について

アルギン酸は天然産高分子電解質として最も典型的なものの一つであり，粘性挙動については，等極性高分子粘度曲線とは趣を異にした特異的な異状性を示すことは周知の如くである。従つて粘性挙動より，その分子或は粒子の分散状態を考察する多くの試みがある。著者はアルギン酸及び未分解物質分子の解離及び分散状態を知る一つの手段として，それぞれの粘性挙動について，次の如き研究を行つた。

i 試料の調製及び粘性測定法

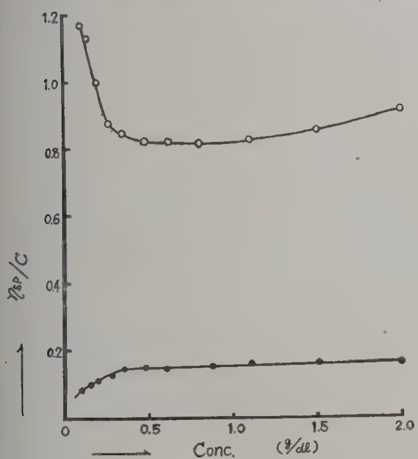
アルギン酸及び未分解物質をアルカリて中和し， 2％溶液を調製しそれぞれの溶液の粘性を Ostwald 型

粘度計を用いて 25°C±0.02 の恒温槽内で測定した。

未分解物質はアルギン酸 50 g に水 1 *l* を加え 5 時間沸騰水中に浸漬し濾過する。40% エタノールにて数回洗滌し，次いで98%エタノールにて数回脱水を行う，この際，エタノールは白濁するので白濁が生じなくなるまで繰返し行つた後，アセトンにて脱水，脱アルコール及びエーテルにて脱アセトンを行い室温でアセトン及びエーテルを揮散せしめ，真空乾燥器中で減圧乾燥して25 g を得た。エタノール中の低分子物質は 2 g であつて，約20 g 近くのアルギン酸が分解されたものと考えられる。

ii　実験結果及び考察

粘性曲線を第 4 図に示した。第 4 図より明らかな如く，アルギン酸の粘性挙動については等極性高分子粘度曲線とは趣を異にし，その異状性は η_{sp}/C—C 曲線に於て，濃度が稀薄になるに従つて η_{sp}/C 値が減少し，ある点で最小となり，ついで staudinger の所謂ゾル領域になるに従つて再び漸次増大するが未分解物質の粘性挙動は，等極性高分子物質の粘性曲線の如きで，高分子電解質としての特異的な異状性は全然認められない。従つて未分解物質は簡単に熱エネルギーのためにアルギン酸が分解され，アルギン酸分子の形状とは全く異なつたものであると思われる。



○——○　Alginic acid before treatment.
●——●　Alginic acid after treatment.

Fig. 4. Viscosity of alginate solutions at 25°C.

以上の結果から，単に沸騰水中に短時間浸漬したのみで簡単に熱エネルギーでアルギン酸が分解され，分解生成物 4 物質を生ずることはアルギン酸の構造について注目すべきことである。又酵素による分解と熱エネルギーで分解された結果とは同一であり，且つ又酸による加水分解等に於て抵抗性が強く未分解の部分が残存することなどから考え，アルギン酸が単一の Mannuronic acid の β 1：4 型グルコシッド結合ではなく，d-Mannuronic acidの β 1：4 結合の外に他の Uronic acid, 或は他の結合型の低分子物質か枝状或は糸毬状にからみ合つた状態のものと思われる。Fischer 等は Mannuronic acid と Guluronic acid がアルギン酸の主な構成単位で，この他に少量の Glucuronic acid を含む Polyuronide であることを認め注目すべき報告があるが，高分子物質の β 1：4 型結合が沸騰水中に浸漬したのみで，即ち熱エネルギーによつて簡単に切れること，そしてペーパークロマトグラフイにて 4 個のスポットを与えることは在来の常識では考えられないことであつて，アルギン酸の構造並びに構成物質については再検討されなければならないと思われる。

文　　献

1)　Stanford, E. C. C. (1883). *Chem. News*. 47, 254.
2)　厚木勝基・友田宜孝 (1926). 工化 29, 515.
3)　Nelson, L. & Getcber, L. H. (1929). *J. Am. Chem. Soc.*, 51, 1914; (1930). 52, 2130.
4)　三輪知雄 (1930). 日化 51, 738.
5)　Hirst, J. K. N. Jones & Jones, W. O. (1939). *J. Chem. Soc.*, 1939, 1880.
6)　田所哲太郎・宇賀神花子 (1923). 北大海藻研究所報告 2, 82.

宇賀神花子 (1924). 農化 10, 727.
7) 麻生清 (1934). 農化 10, 1189.
8) 遠藤庄三 (1941). 植物学雑誌 55, 39.
9) 吉川吉男 (1954). 兵庫大学研究報告 1, 53, 55.
10) Kooiman, P. (1954). *Biochem. et Biophys. Acta.*, 13, 338.
11) Chanda, S. K., Hirst, E. L., Percival, E. G. V. & Ross, A. G. (1952). *J. Chem. Soc.*, 1952, 1833
12) Fischer, F. G. & Dörfel, H. (1955). *Helv. Chim. Acta.*, 302, 186.
13) 鈴木昇 (1953). 北大水産学部彙報 5, 277.
14) Somogyi, M. (1945). *J. Biol. Chem.*, 160, 61.
15) 斎藤恒行 (1957). 未発表

イカ完全利用に関する研究

第18報　塩乾しスルメの製造について

元広輝重・福島誠吾・谷川英一
（北海道大学水産学部水産食品製造学教室）

Studies on the Complete Utilization of Squid (*Ommastrephes sloani pacificus*)

XVIII. On the manufacture of salted dried squid meat

Terushige MOTOHIRO, Seigo FUKUSHIMA, and Eiichi TANIKAWA

Abstract

A study on the manufacture of salted dried squid meat was undertaken in order to obtain a scientific standard of raw material, condition of procedure and preservability of the product. Results throughout the experiment show that the limit of fresheness of raw material allowed V. B.-N below 20 *mg%*. The amount of sodium chloride penetrated into squid meat, reachd to the state of equilibrium needing about 9 hours after soaking. The amounts of sodium chloride in squid meat at the equilibrium were 3.8%, 8.5%, 13.6% in the case of the soaking in 5%, 10%, and 15 % sodium chloride solutions, respectively. The preservability of salted dried squid is governed by its degree of drying, but not sodium chloride content. From experimental results, the storing period of salted dried squid may be presumed to indicate from the drying degree, sodium chloride content and temperature in leaving period after drying. From the relations between these factors, a measuring scale was contrived.

北海道において多獲されるスルメイカは従来その大部分がスルメとして製造されている。しかるに近年塩乾しスルメとしての需要が増加し，スルメイカの新たな利用面が開拓されつゝある。塩乾しスルメは現在青森県が主産地で生産高も年間100万貫を超している。需要地は主として東京，新潟，長野方面であるが最近では名古屋，京都，大阪，岡山方面にも出荷され，貫当り250～300円程度の好値をよんでいる。しかも将来は東北地方，中部地方などの山間にある諸県においても需要量増加の可能性がある。

塩乾しスルメの製法は一般にスルメの製法と同様にイカの胴部を截割したものを淡水でよく洗滌し，水切りしてから全重量の5～6％の食塩をまぶしてよく揉み，3時間程度放置する。食塩がイカ肉の内部まで浸透した頃に食塩を払い落し乾燥する。乾燥度は水分量40～50％の生乾きの程度がよいとされている。

このように塩乾しスルメの製造は将来明るい見通しを持つているが，その製品はスルメと異なり水分量が高いため高温度においては短時日のうちに容易に悪変するので，その保存性に難点をもつている。

著者らは塩乾しスルメの製造に際して原料の選択，適正な製造条件および製品の保存性などについて一連の研究を行つたのでその結果を報告する。

実験の部

塩乾しスルメの製造に当つて最初に吟味すべき点は原料の良否，即ち鮮度が新鮮であるか不鮮であるかが問題となる。原料イカは鮮度良好な状態で使用されることが望ましいが，実際には必ずしも鮮度良好なもののみを原料とすることは困難であり，ある程度低下した鮮度の原料を用いなければならない場合も生ずる。しかし，鮮度低下した原料の使用に際して無制限に鮮度の低下した原料からは到底良製品は得られるも

のでなく，原料として使用可能の鮮度限界があると考えられ，その鮮度限界に到達する以前に原料を処理しなければならない。こゝで塩乾しスルメの製造における原料としての鮮度限界を決定するため次の実験を行つた。

1 生イカの鮮度と製品々質との関係

まず，種々の鮮度を有する原料イカを用い，これを常法に従つて塩乾しスルメとなし，その製品々質を検討した。

(1) 原料：原料としたイカは11月下旬函館近海で漁獲されたスルメイカで陸揚げ後直ちに実験室に搬入した。搬入直後の鮮度は極めて良好であり，肉中の揮発性塩基窒素量（V.B.-N）は3.2*mg%*であつた。

(2) 試料：上記の原料イカの頭脚部，内臓を除去し，胴部のみを水洗した後 20°C の室内に放置し鮮度を漸次低下せしめ，その5尾宛を試料として塩乾しスルメを製造した。製造試料に供したイカの鮮度は截割直後のもの（V.B.-N, 3.2*mg%*），10時間放置のもの（V.B.-N, 14.7*mg%*），24時間放置のもの（V.B.-N, 28.5 *mg%*）の三段階に分けた。

(3) 塩乾しスルメの製法：各鮮度段階におけるイカ5尾宛を10%食塩水に3時間浸漬し，食塩の浸透をはかり，その後水洗してスルメ製法と同様に処理し迅速に乾燥製了した。なお乾上りの水分量は何れも50%程度とした。

(4) 測定項目および方法：(i) 揮発性塩基窒素量（V.B.-N）は Conway 微量拡散吸収法によつた[1]。(ii) トリメチルアミン量（T.M.A.）は V.B.-N と同様に Conway 微量拡散吸収法によつた[2]。(iii) pH 値は pH 比色試験紙を用い，イカ肉の10倍浸出液について測定した。

(5) 実験結果および考察

上記のように異つた鮮度の原料イカより塩乾しスルメを製造しその製品々質を検討した結果は第1表に示した。

Table 1. The quality of salted dried squid product when the freshness of raw squid is changed

V.B.-N in raw squid (*mg%*)	Conc. of brine (%)	Soaking time (hrs.)	V.B.-N in salted dried squid (*mg%*)	NaCl in squid after soaking (%)	Organoleptic inspection of salted dried squid product
3.2	10	3	24.5	7.5	Good
14.7	10	3	33.0	7.0	Dissolved out of pigment upon the surface skin.
28.5	10	3	47.0	5.5	Significant loss of squid meat. Changed the color of meat to reddish. Produced a putrefactive odor.

第1表によれば V.B.-N 量が3.2*mg*%の極めて鮮度の良好なイカを用いて製造した塩乾しスルメはその肉質も厚く，表皮の色素も溶出せず，固定され，外観は他の鮮度低下した原料からの製品に比し勝れていた。これに反し，V.B.-N が14.7*mg*%の鮮度のものを用いて製造した製品では肉の厚さは鮮度の極めて良いものから製造した製品と比較し殆んど変らないが，表皮の色素はやゝ溶出しており，皮のある面は僅かに赤色に着色していた。また最も鮮度低下して V.B.-N が28.5*mg*%の原料を用いた製品の品質は前二者と較べ，明らかに劣り，肉質は可溶分の流出によつて薄くなり，表皮の色素も溶出して全面が赤変していた。この製品は乾燥中既に異臭を発生し，肉質の表面に粘液を生じて明らかに腐敗の徴候を示したが，製品とした後でもその状態が認知された。

各種鮮度のイカ肉を食塩水に浸漬する場合，鮮度低下したものほど食塩水可溶性窒素量の多いことは既に明らかである[3]が，上記の実験結果においても鮮度低下したイカを用いた場合には製品の肉の厚さは薄くなり，その品質を低下させることが認められる。また，同一濃度の食塩水に同一時間イカ肉を浸漬した場合には，浸漬後のイカ肉の食塩含量は新鮮なもの程多く，V.B.-N が3.2*mg*%のイカ肉では7.5%であつたのに対し，V.B.-N が 28.5*mg*%のイカ肉では5.5%であつた。この結果は小野ら[4]および佐々[5]の実験結果と同様な傾向を示している。

以上の結果より鮮度の異なるイカを用いて塩乾しスルメを製造する場合，鮮度低下したイカを原料とすれば良製品の得られないことは明らかであるが，原料としての使用鮮度限界の観点からみれば，V.B.-N が14.7*mg*% の原料では極く新鮮な原料を使用した製品に比し，僅かに劣つた製品となつたのに対し，V.B.-N が28.5*mg*% の原料では全く品質低下した製品しか得られなかつた。それ故V.B.-N が 28.5*mg*% 以上の原料では当然品質の良い製品は出来ないと考えられる。また乾燥中イカ肉鮮度の低下することも考慮されるべきであり[6]，原料としての鮮度限界としては一般のスルメ製造時におけると同様に[7] V.B.-N が 20*mg*%を限界とすることが妥当と考えられる。

2　生イカの鮮度と用塩量を異にした場合の塩乾しスルメの品質

前項の実験において各種鮮度のイカ肉を10%食塩水に浸漬し，その後常法に従つて塩乾しスルメを製造しその品質を比較したが，鮮度の低下するに従いイカ肉中への食塩の浸透量が少くなることを認めた。また前項の実験では原料としての鮮度限界は V.B.-N で20*mg*%とすべきことをみたが，V.B.-Nが20*mg*%以上となつた場合でも，高濃度の食塩水に長時間浸漬した後製品とすれば，その製品々質を向上し得るのではないかと考えられる。こゝで，イカ肉中の食塩量の差異が製品の食味および乾燥中の状態に及ぼす影響について検討した。

(1) 実験方法：前項と同様の鮮度を異にする原料イカを5%，10%および15%の濃度を有する食塩水中に浸漬し，3時間および6時間後に取り出して一旦水洗し，水切りを行つて，スルメ製造と同様に乾燥後塩乾しスルメの製品とした。この製品の乾上りの水分量は50%程度とした。製了した塩乾しスルメは前項のように V.B.-N, T.M.A, pH および官能検査の試料に供した。

(2) 実験結果および考察

原料の鮮度並びに用塩量を異にして製造した塩乾しスルメの製品々質を吟味した結果は第2表に示した。

第2表より明らかなように鮮度の極めて良好な原料イカ（V.B.-N が10*mg*%以下）を各種濃度の食塩水中に浸漬し，食塩の浸透をはかつた後取り上げて製品としたものは鮮度低下した原料イカ（V.B.-N, 20〜30*mg*%）を用いた場合に比して製品々質は著しく良好である。即ち塩乾しスルメの原料とするイカは鮮度良好なものを使用しなければならないことが判る。また，同程度の鮮度を有する原料イカではこれを浸漬するブライン濃度を低濃度から高濃度まで変化させ，浸漬時間を延長しても製品々質に著しい影響を与えないようである。換言すれば，鮮度低下した原料イカでは，たとえこれを高濃度の食塩水に長時間浸漬したとしても良好な製品は得られないものと考えられる。

Table 2. The quality of salted dried squid product, when the freshness of raw squid and the amount of salt added to the raw squid is changed

V.B.-N in squid (mg%)	Conc. of brine (%)	Soaking time (hrs.)	In salted dried squid			Organoleptic inspection
			V.B.-N. (mg%)	T.M.A. (mg%)	pH	
0～10	5	3	20.5	6.5	6.0	Good
		6	25.5	8.0	6.0	
	10	3	30.0	10.0	6.0	〃
		6	22.0	7.0	6.0	
	15	3	19.5	7.0	6.0	〃
		6	23.0	7.5	6.0	
10～20	5	3	31.0	9.5	6.2	〃
		6	32.5	11.0	6.2	
	10	3	30.0	10.0	6.2	〃
		6	30.0	10.0	6.2	
	15	3	35.0	11.0	6.2	〃
		6	33.0	11.0	6.2	
20～30	5	3	47.0	13.0	6.2	Significant loss of squid meat. Dissolved out the pigment upon the surface skin.
		6	50.5	14.0	6.4	
	10	3	45.5	12.0	6.4	〃
		6	45.5	12.5	6.2	
	15	3	43.0	12.0	6.4	〃
		6	51.5	14.0	6.0	

また原料のV.B.-N量の変化に伴つて製品中のV.B.-N量も変化するが，肉眼的観察結果からも原料のV.B.-N量が 20*mg*%を超過したものでは良好な製品の得られないことが明らかである。従つて前項(1)の実験でも述べたようにV.B.-Nが20*mg*%以上の原料を使用して塩乾しスルメを製造することは避けるべきである。

3 イカ肉に対する食塩の浸透速度

前項までの実験によつて塩乾しスルメ製造に際して原料の使用可能の鮮度限界を決定したが，塩乾しスルメの製品々質，並びに貯蔵性を支配する要因はその水分量および食塩含量である。前述のように塩乾しスルメの特徴は比較的高い水分量にあり，このため生ずる保存性の欠如という欠点を食塩の添加によつて補足しなければならない。食塩の添加は更に塩乾しスルメの食味にも関係している。この意味から原料に対する食塩添加の影響を看過出来ない。

魚肉に対する食塩の浸透については多くの研究があるが，著者らはイカ肉を各種濃度の食塩水に浸漬し，イカ肉中に浸入する食塩量を測定し，その浸透状況をみた。

(1) 実験方法：鮮度良好なスルメイカ（V.B.-N, 5.3*mg*%）の胴部をスルメ製造の時と同じように開き，5％，10％，15％および飽和食塩水中に浸漬して一定時間後，取り出し，その厚さを測定し水洗して食塩水

を除き，ついで濾紙片で肉表面の吸着水分を除き，これを水分および塩分の測定の供試料とした。水分は乾燥法により定量し，食塩量はイカ肉を $KMnO_4$ で消化した後，Volhard 法により定量した。

（2）実験結果および考察

上記の実験方法により得られた結果は第3表に示したようである。またイカ肉の塩分浸透速度を他の魚肉

Table 3. Change in the amount of water, salt and width of squid during the soaking in various concentrations of NaCl solution

Brine (NaCl %)	Items \ Time (hrs.)	0	3	6	9	12	24	30
5%	Water (%)	75.5	73.7	72.2	70.8	71.2	70.5	70.3
	NaCl (%) (Per dried matter)	0.3 (1.22)	3.6 (13.7)	3.2 (11.5)	3.8 (13.0)	3.9 (13.5)	3.7 (12.5)	4.0 (13.4)
	Wide (*mm*)	0.47	0.48	0.48	0.50	0.51	0.51	0.52
10%	Water (%)	75.5	69.4	67.4	67.0	—	67.5	68.2
	NaCl (%) (Per dried matter)	0.3 (1.22)	7.4 (24.2)	8.3 (25.2)	9.0 (27.2)	8.5 (—)	8.3 (25.5)	8.5 (26.7)
	Wide (*mm*)	0.47	0.50	0.49	0.49	0.50	0.51	0.51
15%	Water (%)	75.5	69.5	67.0	66.5	66.0	—	65.5
	NaCl (%) (Per dried matter)	0.3 (1.22)	8.5 (27.8)	11.1 (33.6)	13.6 (40.6)	13.3 (39.1)	14.3 (—)	12.7 (36.8)
	Wide (*mm*)	0.47	0.48	0.49	0.50	0.50	0.52	0.52
26.4%	Water (%)	75.5	67.0	64.0	64.0	62.0	61.0	60.0
	NaCl (%) (Per dried matter)	0.3 (1.22)	10.5 (30.3)	13.5 (37.5)	14.0 (38.9)	16.5 (43.4)	16.5 (42.3)	17.0 (42.5)
	Wide (*mm*)	0.47	0.47	0.48	0.50	0.51	0.51	0.51

の場合と比較するため，第3表の飽和食塩水に浸漬した場合の値を扁平魚に対する食塩浸透速度を求める微分方程式[8]に適用した。即ち厚さ l の魚肉を t 時間塩蔵後，魚肉の片側から内部に向つて x の深さにおける塩分濃度を ρ とすれば魚肉の塩分濃度は

$$\frac{\delta\rho}{\delta t}=K\frac{\delta^2\rho}{\delta x^2}\cdots(1)$$ ，$t=o$ で $\rho=o$ となり，$x=o$ または $x=l$ で $\rho=\rho_e=\rho_s$ となる。

但し ρ_e は外部の食塩水濃度，ρ_s は魚肉表面の塩分濃度である。

（1）式より食塩浸透量を S, 肉中の塩分と浸漬した食塩水の濃度と等しくなつたときの S を S_∞ とすると

$$1-\frac{S}{S_\infty}=\frac{8}{\pi^2}\left(e^{-K\frac{\pi^2}{l^2}t}+\frac{1}{9}e^{-K\frac{9\pi^2}{l^2}t}+\frac{1}{25}e^{-K\frac{25\pi^2}{l^2}t}+\cdots\cdots\right)\cdots\cdots(2)$$

こゝで第2項以下は極めて小さな値となるので，それを無視して第1項のみをとると次式のようになる。

$$1-\frac{S}{S_\infty}=\frac{8}{\pi^2}e^{-K\frac{\pi^2}{l^2}t}\cdots\cdots(3)$$

（3）式において S は魚肉中の水分に対する塩分濃度として，S_∞ は26.4%とする。また実験結果より $-\log\left(1-\frac{S}{S_\infty}\right)$, $\frac{\pi^2}{l^2}t$ を求め，第4表に示した。第4表を図示すれば第1図のようになり，これを（3）式に

代入し，係数 K を求めた。その結果浸透係数 K は 15°C±2°Cにおいて 0.0038$cm^2/hr.$ となつた。

Table 4. Change in the values of -log $(1-S/S_\infty)$ and $\pi^2 t/l^2$ during the soaking of squid meat in 26.4% NaCl solution

Soaking time t (hrs.)	Width of squid l (cm)	Water contents m (%)	NaCl contents Sa (%)	S^* (%)	$1-S/S_\infty$	$-\log(1-S/S_\infty)$	$\pi^2 t/l^2$
0	0.47	75.5	0.3		—	—	—
3	0.47	67.0	10.5	13.5	0.49	0.309	133.5
6	0.48	64.0	13.5	17.4	0.34	0.469	254.5
9	0.50	64.0	14.0	17.9	0.32	0.495	354
12	0.51	62.0	16.5	21.0	0.21	0.678	400
24	0.51	61.0	16.5	21.3	0.18	0.745	910
30	0.51	60.0	17.0	22.1	0.16	0.796	1130

$^*S = [Sa/Sa + m] \times 100$

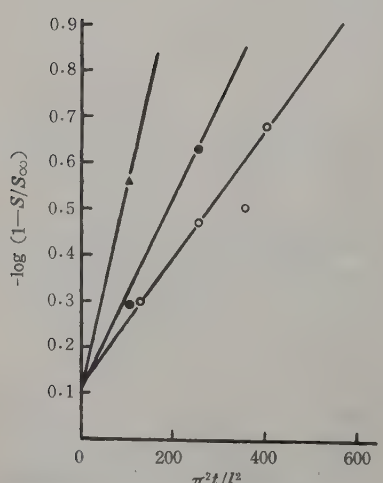


Fig. 1. Relation between $-\log(1-S/S_\infty)$ and $\pi^2 t/l^2$

—○— *Ommastrephes sloani pacificus*
—●— *Clupanodon puncutatus*
—▲— *Psenopsis anomala*

中島[8]はコノシロ（*Clupanodon puncutatus*）について，K は 0.0045（6.5°±0.5°C において），またイボダイ（*Psenopsis anomala*）については K は 0.0098（10.5°±1.0°C において）の値を得ている。イカ肉の K 値の小さいことはイカ肉には鱗がなく，肉部と食塩水が直接，接触しているにも拘らずその肉質は他の魚類の組織に比し緊密で[9]，組織内に食塩が容易に浸透しにくいものと解せられる。

以上の実験結果から塩乾しスルメを製造する場合，イカの食塩水浸漬時間は不必要に長時間浸漬することなく，10%食塩水に浸漬する場合は浸漬開始後約6時間でほゞ平衡に達することがわかる。またイカ肉の身痩せを防ぐ意味からも必要以上に食塩水中に浸漬することは避くべきである。

4 塩乾しスルメの腐敗

塩乾しスルメ製造の目的の一は生イカの貯蔵性を助長させることにあるが，一般のスルメとは異なり，その水分量が比較的高く，生乾きの状態が好ましいとされている。それ故，たとえ，塩乾しスルメに塩分があつたとしても普通のスルメより容易に腐敗するものと考えられる。こゝで著者らは塩乾しスルメを放置し，その腐敗に至るまでの過程を観察した。

(1) 実験方法および試料：10%食塩水中に浸漬し，常法によつて製造した塩乾しスルメを10°，25°および

37°Cの温度に放置し，一定時間毎に取出し，試料に供した。これらの試料を用い，前項同様に V.B.-N量，T.M.A. および pH の測定を行つた。

また塩乾しスルメに防腐剤を添加した場合，どの程度の効果があるかを検討するため，防腐剤としてオーレオマイシン（C.T.C.）を 100 p.p.m. の濃度に10%食塩水中に添加しておき，この食塩水中に浸漬するイカ肉および処理方法は防腐剤無添加の場合と全く同様にし，塩乾しスルメを製造した。

（2）実験結果および考察

塩乾しスルメを10°，25°，37°C に放置した場合のV.B.-N量その他の変化は第5表に示したようである。

Table 5. Putrefactive procedure of salted dried squid left at various temperature

Temp. (°C)	Time (hrs.)	V.B.-N (*mg%*)	T.M.A (*mg%*)	pH	Remarks
10	0	12.5	5.0	6.2	
	12	10.0	5.0	6.2	Not changed.
	24	13.4	5.0	6.2	Not changed.
	48	15.5	5.0	6.2	Slightly wet of the surface.
	72	20.7	6.5	6.6	Showed wettening "mure" of the surface.
	80	37.2	10.5	7.0	Significantly wettening. Produced a putrefactive odor.
	96	71.6	14.0	7.2	Putrefied.
25	0	12.5	5.0	6.2	
	12	15.6	7.0	6.2	Not changed.
	24	20.3	7.5	6.4	Wettening of the surface.
	32	17.5	7.5	6.4	Wettening of the surface.
	48	20.1	6.5	6.6	Dissolved out the pigment upon the surface skin. Changed reddish.
	56	48.2	10.5	7.2	Showed wettening. Produced a putrefactive odor.
	72	91.5	18.0	7.2	Putrefied.
37	0	12.5	5.0	6.2	
	12	13.2	4.0	6.0	Not changed.
	24	18.6	4.5	6.2	Wettening of the surface. Dissolved out the pigmment upon the skin.
	30	32.7	7.0	6.6	Showed the wettening. Produced a stench smell.
	48	58.8	14.5	7.0	Putrefied.

第5表にみられるように放置温度が上昇するにしたがい，塩乾しスルメの腐敗は速やかとなるが，10°Cでは72時間後，25°Cでは48時間後，37°Cでは24時間後に官能検査によつて腐敗の徴候が認められた。この段階は V.B.-N量 として 20～30*mg%* に相当しこのことから塩乾しスルメの腐敗の指標は他の魚類と同じように V.B.-N量 30*mg%*を基準として測定し得るものと考えられる。

塩乾しスルメに防腐剤（C.T.C.）を添加し，温度を変化せしめて放置した場合のV.B.-N量の変化は第2図

および第3図に示したようである。第2図は20°C，比湿度70%に塩乾しスルメを放置した場合の腐敗の状況を示し，第3図は同じく比湿度90%の場合を示しているが，何れの結果においても食塩水中にC.T.C. を100 p.p.m. 添加したことにより塩乾しスルメの腐敗をある程度防止し得ることがわかる。即ち 20°C，比湿度70%では無添加の場合に比して約3日，比湿度90%の場合でも約2日間腐敗が延引している。

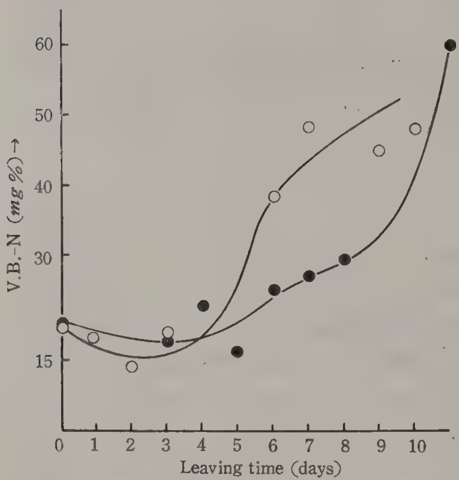


Fig. 2. Change in the amount of V.B.-N when both the salted dried squid added and non added C.T.C. which were left at 20°C (relative humidity 70%)

—○— C.T.C. non-added salted dried squid
—●— C.T.C. added salted dried squid

C.T.C. 添加と無添加の塩乾しスルメの製品々質は製造直後では外観，食味共に全く区別し得ない。現在ではC.T.C. は塩乾しスルメには使用の許可はないが，確かに塩乾しスルメの貯蔵性の増加には効果がある。

5 塩乾しスルメの保存性

塩乾しスルメは一般魚類の塩蔵品と比較しイカ肉中に含有される塩分量が少なく，また半乾品状態となつているのでその水分量は多い。したがつてこの塩乾しスルメを保存する場合に比較的短時日の間に腐敗するおそれがある。こゝで著者らは塩乾しスルメの保存性について検討を行い，その水分量，塩分量および放置温度と保存日数との関係を検討した。

(1) 実験試料：常法にしたがつて塩乾しスルメを製造し，肉中の食塩量を5%，10%とし，またその水分量を60%，50%および40%とした。これらを大型ガラス容器中に入れ，容器内の湿度は予め硫酸と水とを混合して75%に調節しておき，10°，20° および 30°C の温度に放置して一定時間毎に取出し，実験に供した。

(2) 実験方法：前項4の実験により塩乾しスルメの腐敗程度は V.B.-N 量の定量によつて指標とし得ることがわかつたので，上記の実験試料を一定時間毎に取出して前項の実験と同じように Conway 微量拡散吸収法によつてV.B.-N量を測定した。こゝでV.B.-N量の30*mg*%近くを初期腐敗とし，30*mg*%以上となつた場合を完全腐敗とした。

(3) 実験結果および考察

上記のようにして実験して得られた結果は第6表に示すようである。第6表の結果より塩乾しスルメの水分量 (W)，塩乾しスルメの塩分量 (S)，放置温度 (T) と保存可能の日数 (D) との関係を図示したのが第4図ないし第6図である。第4図ないし第6図にみられるように塩乾しスルメの保存日数はその水分量および放置温度によつて可成り著しく影響されることがわかるが，塩分量は5～10%の程度では保存日数と比例的な関係にある。

こゝで第4図より放置温度と保存日数との関係を検討してみると

$$T = bD^{m} \cdots\cdots (4)$$

但し T：放置温度 (°C)，D：保存日数 (日)，b および m は係数で $44.5 \leqq b \leqq 168.5$，$-0.79 \leqq m \leqq -0.57$，また T は $10 \leqq T \leqq 30$ の値をとる。なお第5図より塩乾しスルメの水分量と保存日数との関係は

$$W = cD^{n} \cdots\cdots (5)$$

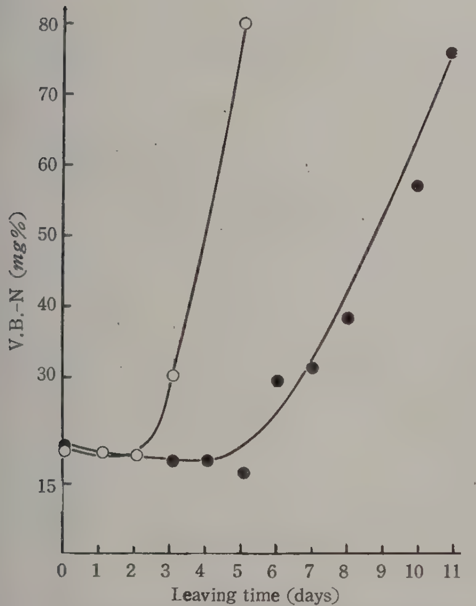


Fig. 3. Change in the amount of V.B.-N when both the salted dried squid added and non-added C.T.C. which were left at 20°C (relative humidity 90%)

—○— C.T.C. non-added salted dried squid
—●— C.T.C. added salted dried squid

但し W：塩乾しスルメの水分量（%），D：保存日数（日），c および n は係数で，$71.2 \leqq c \leqq 167$，$-0.39 \leqq n \leqq -0.25$，$40 \leqq W \leqq 60$の値をとる。

また第6図において塩乾しスルメの塩分量と保存日数との関係をみるに塩分量が5〜10%程度の範囲内では塩分量の増加にともなつて保存日数は延引されるが両者の関係は直線で示され，したがつて次の(6)式が与えられる。

$$S = aD + g \cdots\cdots(6)$$

但し S：塩乾しスルメの塩分（%），D：保存日数，a および g は係数。

こゝで第6図から放置温度（T）が10°から30°C に変化するときの中間の温度即ち20°C の場合には10°と30°C の大凡その平均値を示すことから，このときの値を(6)に代入すると$1.7 \leqq a \leqq 5$，$-24 \leqq g \leqq -5$，$5 \leqq S \leqq 10$となる。

以上のように塩乾しスルメの食塩量（S），水分量（W），放置温度（T）はそれぞれ独立して保存日数（D）と一定の関係のあることが認められるが，保存日数に介入する上記3要素が複合した場合にはどうなるかが問題となる。即ち塩乾しスルメ製造の実際に当つては保存日数，放置温度を考えないで乾燥度および食塩量を決定することはできない。保存日数は塩乾しスルメの水分量，食塩量および放置温度の相互関係の成立によつて決定される。

こゝで(4)，(5)，(6) 式の各対数をとれば

$$\frac{\log T}{m} - \frac{\log b}{m} = \log D \cdots\cdots(4'),\quad \frac{\log W}{n} - \frac{\log c}{n} = \log D \cdots\cdots(5')$$

$$\log S - \log a - \log g = \log D \cdots\cdots(6')$$

となり，各式をまとめると

$$\log D = \frac{\log T}{m} - \frac{\log b}{m} + \frac{\log W}{n} - \frac{\log c}{n} - \log S + \log a + \log g \cdots\cdots(7)$$

のような塩乾しスルメの水分量（W），塩分量（S），放置温度（T）と保存日数（D）との相互関係を示す関係式が得られる。(7) 式において a, b, c, m, n, g はそれぞれ係数であり，これらは何れも T, W, S の函数として表わされるが，一括して表示すれば第7表のようになる。第7表において係数 b, m は放置温度（T）と関係なく，塩乾しスルメの水分量（W）と塩分量（S）の変化に支配されるが，これらの関係は第7図のように示される。また係数 c, n は塩乾しスルメの水分量（W）とは関係なく，放置温度（T）および塩分量（S）によつて決定され，これは第8図に示すような関係をもつ。また第9図に示されるように係数 a, g の値は放置温度（T）および塩分量（S）に関係なく水分量（W）によつて決定される。

また第7〜第9図において係数 b および c が食塩量（S）の変化に対して比例して増減するから，水分量

Table 6. Changes in the amount of V.B.-N in salted dried squid which was various water and salt contents and left at various temperature

Water content (%)	Salt content (%)	Temp. (°C)	V.B.-N (*mg%*)													
			0	1	2	3	4	5	6	10	15	20	25	30	35	40
60	5	10	3.2	3.2	3.5	10.0	4.5	4.5	5.5	10.5	32.0					
		20	3.2	3.2	5.5	5.5	18.2	33.5								
		30	3.2	7.5	28.5	50.0										
	10	10	3.2	—	—	—	6.5	6.5	9.0	9.0	30.5					
		20	3.2	4.5	4.5	5.5	10.5	21.5	45.0							
		30	3.2	7.5	28.5	28.5	56.5									
50	5	10	3.2	—	—	—	—	5.5	—	7.5	10.5	39.0				
		20	3.2	—	—	6.0	—	6.0	—	33.5						
		30	3.2	—	4.0	—	25.0	48.5								
	10	10	3.2	—	4.0	—	—	—	—	11.5	10.0	12.5	42.0			
		20	3.2	—	4.5	—	—	—	—	13.5	80.0					
		30	3.2	—	6.0	—	12.0	11.5	34.0							
40	5	10	3.2	—	3.0	—	5.5	5.5	—	—	5.5	—	17.0	20.0	38.5	
		20	3.2	—	—	4.0	—	—	7.0	12.0	26.5	76.5				
		30	3.2	—	3.0	—	5.5	7.5	10.5	44.0						
	10	10	3.2	—	—	—	—	—	4.0	—	—	5.0	—	—	13.5	28.5
		20	3.2	—	—	—	—	—	7.0	—	19.0	27.5				
		30	3.2	—	3.5	—	6.0	8.5	14.5	43.5						

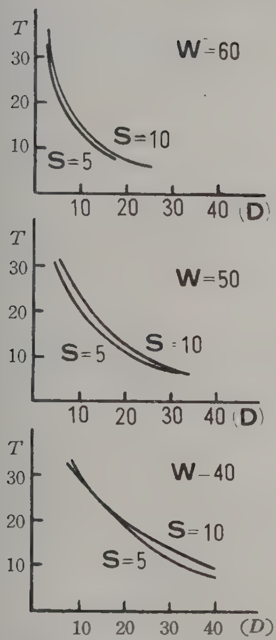


Fig. 4. Relation between leaving temprature (T) and storing period (D) of salted dried squid

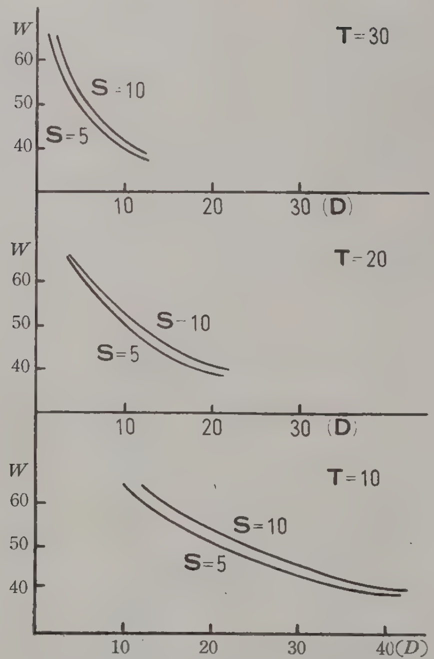


Fig. 5. Relation between water content (W) and storing period (D) of salted dried spuid

(W) および放置温度 (T) がある値をとれば $\boldsymbol{b}$ および $\boldsymbol{c}$ を決定し得る。この関係を示せば第10図および第11図のようになる。即ち第10図から $\boldsymbol{b}$ は $40 \leqq W \leqq 60$ の範囲で S の変化によつて決定され，同様に第11図から $\boldsymbol{c}$ が $10 \leqq T \leqq 30$ の範囲内で S の値如何によつて決定される。また $\boldsymbol{b}$ と $-\boldsymbol{m}$, $\boldsymbol{c}$ と $-\boldsymbol{n}$ との関係は夫々第12図および第13図に示され，$\boldsymbol{b}$ および $\boldsymbol{c}$ が決定されゝば $-\boldsymbol{m}$, $-\boldsymbol{n}$ が求められる。したがつて第7図〜第13図より塩乾しスルメの水分量 (W), 塩分量 (S) および放置温度 (T) が決定すれば係数 $\boldsymbol{a}, \boldsymbol{b}, \boldsymbol{c}, \boldsymbol{m}, \boldsymbol{n}, \boldsymbol{g}$ が求められる。それ故 (7) 式に各数値を代入すれば保存日数 (D) を算出することができよう。

いま塩乾しスルメの水分量 (W) $=53\%$，食塩量 (S) $=7.5\%$，放置温度 (T) $=27°C$ と仮定し，その保存日数を算出する場合，各係数は $\boldsymbol{a}=3.0$，$\boldsymbol{g}=-16$，$\boldsymbol{b}=96$，$\boldsymbol{m}=-0.76$，$\boldsymbol{c}=105$，$\boldsymbol{n}=-0.32$ となる。これら各係数を (7) 式に代入すれば

$$\log D = \frac{\log 27}{-0.76} - \frac{\log 96}{0.76} + \frac{\log 53}{-0.32} - \frac{\log 105}{-0.32} - \log 7.5 + \log 3.0 - \log 96 \fallingdotseq 0.3$$

となり，$D \fallingdotseq 2$ となる。即ち保存日数は約2日間となる。上記の仮定は塩乾しスルメ（一塩乾しの状態で）を夏季の温度で放置する場合を仮定したものである。従つて夏季においては短時日間に腐敗することが判り，製造後2日以内に食用に供せねばならぬことがわかる。

塩乾しスルメの水分量，食塩量および放置温度を決定することにより，保存日数 (D) を (7) 式から算出できるが，製造加工の実際に当つて各数値および係数を (7) 式に代入し算出することは煩雑である。このような場合，予め各数値を (7) 式の各項に代入して計算しておけば簡便であり，このため各数値および係数よ

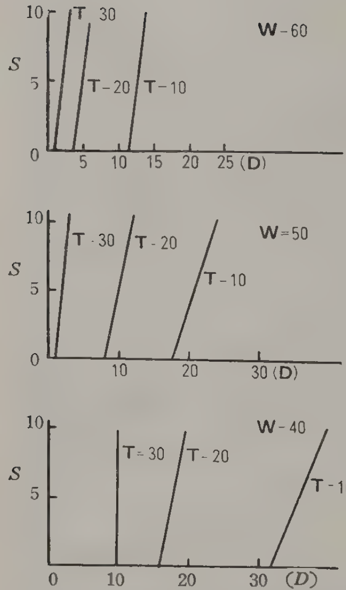


Fig. 6. Relation between salt content (S) and storing period (D) of salted dried squid

り求められる各項の値を第8表(本論文の末尾)に表示した。

こゝで第8表の諸数値を(7)式代入すれば保蔵日数(D)を求めることができるが，これらの数値の関係を図示した計算図表を作製すれば(7)式の計算を省略することができる。

即ち(4′)式において $\log t = m \log D$ ……(8), とおくと $\log T - \log b = \log t$ ……(9), したがつて(8), (9)式から共線図表を作成し得る。

また(7)式は $f_n(u_m) = f_1(u_1) + f_2(u_2) + f_3(u_3) + \cdots\cdots f_{n-1}(u_{n-1})$ の型式に属する関係式として表わされ，これは

$$f_1(u_1) + f_2(u_2) = t_1,\ t_1 + f_3(u_3) = t_2, \cdots\cdots$$

$$t_{n-3} + f_{n-1}(u_{n-1}) = f_n(u_n)$$

として示される。即ち $n-3$ 個の補助線により計算図表が作成される。

(7)式においては $n=8$ であり，補助線は $n-3=5$ となる。

いま $f_1(u_1) + f_2(u_2) = t_1$ は $\log T - \log b = t$ に相当するから，この函数尺を作ると

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -p'\log b \\ 0 & 1 & -q'\log t \\ \frac{1}{p'} & \frac{1}{q'} & \log T \end{vmatrix} = 0$$

であるから三直線を支持線とし，互に平行な函数尺が得られる。これらの函数尺の目盛りは $\xi' = p'\log T,\ \eta' = q'\log b,\ \varphi' = \frac{p'q'}{p'+q'}\log t$ である。しかるに(9)式における($\log t$)尺の目盛りは $-q\log t$ であるから $-q = \frac{p'q'}{p'+q'}$ でなければならない。それ故 $p' = p = 1$ とすれば $q' = -q = 1$ となる。

同様にして(8)式からは $\xi = p\cdot\log D,\ \eta = -q\cdot\log t,\ \varphi = \frac{p-qm}{p+qm}\cdot\delta$ となり $1 \leqq t \leqq 100$, $1 \leqq D \leqq 100$ とすれば $p = q = 1$, $\delta = 1$ となり従つて $\xi = \log D,\ \eta = -\log t,\ \varphi = \frac{1-m}{1+m}$ を目盛とする函数尺が得られる。

即ち5本の補助線によつて互に平行な函数尺を組み合わせ第14図(本論文の末尾に掲載する)のような計算図表を作成することが出来る。

第14図において塩乾しスルメの水分量(W), 食塩量(S)および保存温度(T)が決定され $40 \leqq W \leqq 60$, $5 \leqq S \leqq 10$, $10 \leqq T \leqq 30$ の範囲において，$2 \leqq D \leqq 40$ で保存日数(D)を知り得る。いま $W=40$, $T=20$, $S=10$ とすれば各函数尺の目盛りを連結し図に示されるように $D=20$ となり保存日数を求めることが出来る。即ちこの場合第8表から $b=196.0$, $-m=0.87$, $c=120.0$, $-n=0.34$, $a=1.7$, $-g=24$, となり，これから $\log T/m=1.50$, $\log b/m=2.63$, $\log W/n=4.70$, $\log c/m=6.1$, $\log S=1.00$, $\log a=0.23$, $\log g=1.38$ が導かれる。これらの値を第14図の区数尺に適用するには，$\log T/m$ 尺の1.50の点と $\log b/m$ 尺の2.63の点を連結し t_1 尺と交わらせ，この t_1 尺の交点から $\log W/n$ 尺の4.7に相当する点を結び t_2 尺との交点を求める。こうして各補助尺と函数尺の目盛りを結び最後に $D=20$ を得る。

Table 7. The values of various coefficients

W	*T*	*S*	*b*	−*m*	*c*	−*n*	*a*	*g*
40	10	5	171.0	0.86	154.2	0.37	1.7	24
		10	196.0	0.87	167.0	0.39	1.7	24
	20	5	171.3	0.86	104.5	0.32	1.7	24
		10	196.0	0.87	120.0	0.34	1.7	24
	30	5	171.3	0.86	71.2	0.25	1.7	24
		10	196.0	0.87	84.5	0.28	1.7	24
50	10	5	100.1	0.77	154.2	0.37	2.5	20
		10	127.0	0.79	167.0	0.39	2.5	20
	20	5	100.1	0.77	104.5	0.32	2.5	20
		10	127.1	0.79	120.0	0.34	2.5	20
	30	5	100.1	0.77	71.2	0.25	2.5	20
		10	127.0	0.79	84.5	0.28	2.5	20
60	10	5	44.5	0.57	154.2	0.37	5.0	5
		10	66.9	0.68	167.0	0.39	5.0	5
	20	5	44.5	0.57	104.5	0.32	5.0	5
		10	66.9	0.68	120.0	0.34	5.0	5
	30	5	44.5	0.57	71.2	0.25	5.0	5
		10	66.9	0.68	84.5	0.28	5.0	5

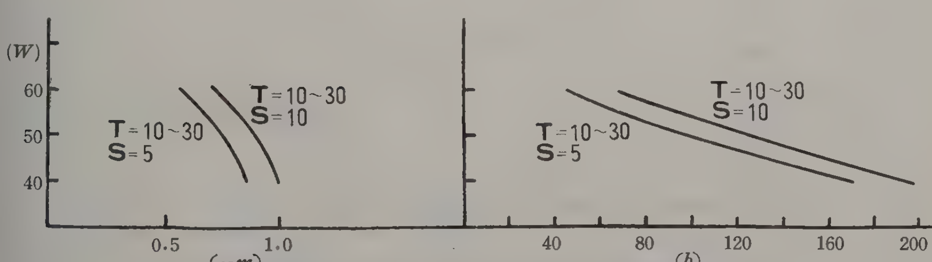


Fig. 7. Relation between water content (*W*) of salted dried squid and coefficients (*b*) and (−*m*)

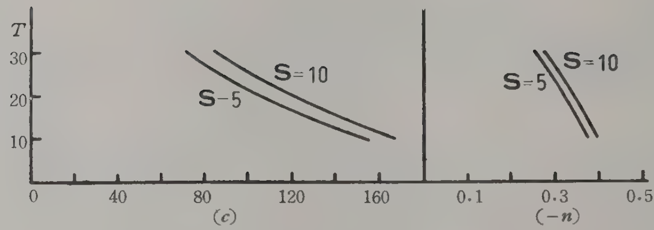


Fig. 8. Relation between leaving temperature (*T*) of salted dried squid and coefficients (*c*) and (-*n*)

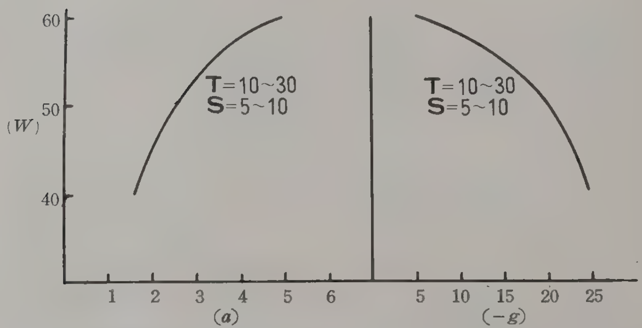


Fig. 9. Relation between water content (*W*) of salted dried squid and coefficients (*a*) and (-*g*)

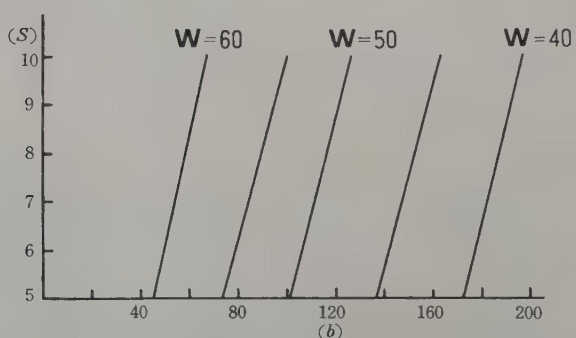


Fig. 10. Change in the value of coefficient (*b*) with change of water (*W*) and salt content (*S*) of salted dried squid

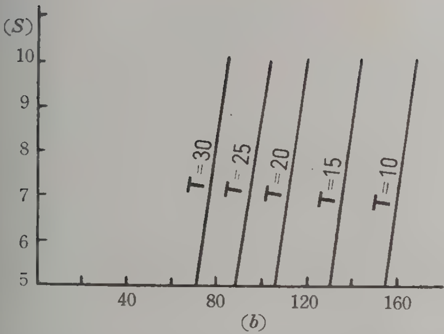


Fig. 11. Change in the value of coefficient (*b*) with change of salt content (*S*) of salted dried squid and leaving temperature (*T*)

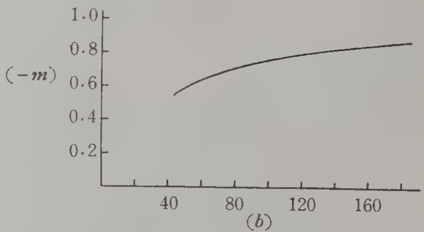


Fig. 12. Relation between coefficient (*b*) and (-*m*)

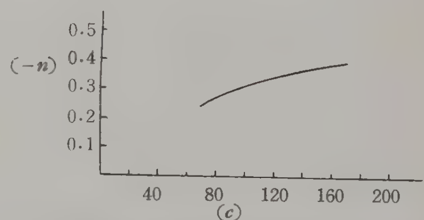


Fig. 13. Relation between coefficient (*c*) and (-*n*)

要　　　約

塩乾しスルメを製造するにあたつて，その原料，製造条件について吟味し，かつ製品の貯蔵性について検討した。得られた結果を要約すると次のようである。

(1) 塩乾しスルメの原料としての生イカの鮮度限界はV.B.-Nで20*mg*%以下としなければならない。

(2) 生イカに対する食塩の浸透は浸透後約9時間で平衡に達し，平衡時における食塩浸透量は生イカを5%食塩水に浸漬した場合は3.8%，10%食塩水の場合は8.5%，15%食塩水の場合は13.6%，26.4%食塩水の場合は14.0%であつた。

(3) 塩乾しスルメの貯蔵性はその乾燥度（水分含有量）によつて支配され，食塩含量の影響は著しくない。また防腐剤C.T.C.の添加により貯蔵性を増加し得る。

(4) 実験結果を綜合し，塩乾しスルメの乾燥度，食塩量，放置温度を知ることにより貯蔵日数を推定する計算尺を作製した。

文　　　献

1) 石坂（1952）.：微量拡散分析及び誤差論．83p．東京；南江堂．
2) Asano, M. & Sato, H. (1954).：*Tohoku J. of Agr. Research*, 5 (3), 191-195.
3) 五十嵐・北林外（1954）.：蛋白研究班研究報告（3）．1-4：水産庁調査研究部．
4) 小野・市野（1909）.：水講報．5（2）．
5) 佐々（1902）.：北水試報．36，37．
6) 川上（1942）.：日水誌 10（6），256．
7) 谷川外（1956）.：北大水産彙報．7（2），165-171．
8) 中島（1943）.：日水誌 12（2），57．
9) 谷川外（1956）.：北大水産彙報 7（1），49-61．

Table 8. The values of various coefficients and of each articles in formula (7)

W	T	S	b	$-m$	c	$-n$	a	$-g$	$\log T/m$	$\log b/m$	$\log W/n$	$\log c/n$	$\log S$	$\log a$	$\log g$
40	10	5	171.0	0.86	154.2	0.37	1.7	24	1.16	2.61	4.33	5.89	0.699	0.230	1.380
		7	182.0	0.86	160.0	0.38	1.7	24	1.16	2.62	4.22	5.70	0.845	0.230	1.380
		9	192.0	0.87	165.0	0.39	1.7	24	1.13	2.62	4.10	5.7	0.954	0.230	1.380
		10	196.0	0.87	167.0	0.39	1.7	24	1.13	2.63	4.10	5.7	1.000	0.230	1.380
	15	5	171.0	0.86	130.0	0.35	1.7	24	1.36	2.61	4.59	6.0	0.699	0.230	1.380
		7	182.0	0.86	136.0	0.36	1.7	24	1.36	2.62	4.45	5.9	0.845	0.230	1.380
		9	192.0	0.87	141.0	0.36	1.7	24	1.36	2.62	4.45	5.9	0.954	0.230	1.380
		10	196.0	0.87	143.0	0.37	1.7	24	1.36	2.63	4.33	5.85	1.000	0.230	1.380
	20	5	171.3	0.86	104.5	0.32	1.7	24	1.52	2.61	5.00	6.45	0.699	0.230	1.380
		7	182.0	0.86	112.0	0.33	1.7	24	1.52	2.62	4.85	6.2	0.845	0.230	1.380
		9	192.0	0.87	118.0	0.34	1.7	24	1.50	2.62	4.70	6.1	0.954	0.230	1.380
		10	196.0	0.87	120.0	0.34	1.7	24	1.50	2.63	4.70	6.1	1.000	0.230	1.380
	25	5	171.3	0.86	88.0	0.29	1.7	24	1.62	2.61	5.52	6.7	0.699	0.230	1.380
		7	182.0	0.86	94.0	0.30	1.7	24	1.62	2.62	5.35	6.5	0.845	0.230	1.380
		9	192.0	0.87	100.0	0.31	1.7	24	1.61	2.62	5.20	6.4	0.954	0.230	1.380
		10	196.0	0.87	103.0	0.32	1.7	24	1.61	2.63	5.00	6.3	1.000	0.230	1.380
	30	5	171.3	0.86	71.2	0.25	1.7	24	1.71	2.61	6.80	7.4	0.699	0.230	1.380
		7	182.0	0.86	77.0	0.26	1.7	24	1.71	2.62	6.15	7.2	0.845	0.230	1.380
		9	192.0	0.87	82.0	0.27	1.7	24	1.69	2.62	5.90	7.1	0.954	0.230	1.380
		10	196.0	0.87	84.5	0.28	1.7	24	1.69	2.63	5.75	6.89	1.000	0.230	1.380
45	10	5	136.0	0.82	154.2	0.37	2.0	23	1.22	2.56	4.20	5.9	0.699	0.301	1.361
		7	147.0	0.84	160.0	0.38	2.0	23	1.19	2.57	4.10	5.9	0.845	0.301	1.361
		9	158.0	0.85	165.0	0.39	2.0	23	1.17	2.58	3.95	5.7	0.954	0.301	1.361
		10	163.0	0.86	167.0	0.39	2.0	23	1.16	2.58	3.95	5.7	1.000	0.301	1.361
	15	5	136.0	0.82	130.0	0.35	2.0	23	1.42	2.56	4.85	6.0	0.699	0.301	1.361
		7	147.0	0.84	136.0	0.36	2.0	23	1.39	2.57	4.65	5.9	0.845	0.301	1.361
		9	158.0	0.85	141.0	0.36	2.0	23	1.37	2.58	4.45	5.9	0.954	0.301	1.361
		10	163.0	0.86	143.0	0.37	2.0	23	1.36	2.58	4.40	5.85	1.000	0.301	1.361
	20	5	136.0	0.82	104.0	0.32	2.0	23	1.58	2.56	4.85	6.45	0.699	0.301	1.361
		7	147.0	0.84	112.0	0.33	2.0	23	1.55	2.57	4.70	6.2	0.845	0.301	1.361
		9	158.0	0.85	118.0	0.34	2.0	23	1.53	2.58	4.55	6.1	0.954	0.301	1.361
		10	163.0	0.86	120.0	0.34	2.0	23	1.51	2.58	4.55	6.1	1.000	0.301	1.361
	25	5	136.0	0.82	88.0	0.29	2.0	23	1.71	2.56	5.35	6.7	0.699	0.301	1.361
		7	147.0	0.84	94.0	0.30	2.0	23	1.66	2.57	5.20	6.5	0.845	0.301	1.361
		9	158.0	0.85	100.0	0.31	2.0	23	1.64	2.58	5.00	6.4	0.954	0.301	1.361
		10	163.0	0.86	103.0	0.32	2.0	23	1.62	2.58	4.85	6.3	1.000	0.301	1.361
	30	5	136.0	0.82	71.2	0.25	2.0	23	1.79	2.56	6.20	7.4	0.699	0.301	1.361
		7	147.0	0.84	77.0	0.26	2.0	23	1.75	2.57	5.95	7.2	0.845	0.301	1.361
		9	158.0	0.85	82.0	0.27	2.0	23	1.73	2.58	5.75	7.1	0.954	0.301	1.361
		10	163.0	0.86	84.0	0.28	2.0	23	1.71	2.58	5.50	6.89	1.000	0.301	1.361
50	10	5	100.1	0.77	154.2	0.37	2.5	20	1.29	2.60	4.60	5.9	0.699	0.397	1.301
		7	111.0	0.78	160.0	0.38	2.5	20	1.28	2.60	4.45	5.7	0.845	0.397	1.301
		9	122.0	0.79	165.0	0.39	2.5	20	1.26	2.65	4.35	5.7	0.954	0.397	1.301
		10	127.0	0.79	167.0	0.39	2.5	20	1.26	2.65	4.35	5.7	1.000	0.397	1.301
	15	5	100.1	0.77	130.0	0.35	2.5	20	1.49	2.60	4.85	6.0	0.699	0.397	1.301
		7	111.0	0.78	136.0	0.36	2.5	20	1.48	2.60	4.75	5.9	0.845	0.397	1.301
		9	122.0	0.79	141.0	0.36	2.5	20	1.45	2.65	4.75	5.9	0.954	0.397	1.301
		10	127.0	0.79	143.0	0.37	2.5	20	1.45	2.65	4.60	5.85	1.000	0.397	1.301

(Table 8, Continued)

W	T	S	b	−m	c	−n	a	−g	log T/m	log b/m	log W/n	log c/n	log S	log a	log g
50	20	5	100.1	0.77	104.5	0.32	2.5	20	1.67	2.60	5.30	6.45	0.699	0.397	1.301
		7	111.0	0.78	112.0	0.33	2.5	20	1.66	2.60	5.15	6.2	0.845	0.397	1.301
		9	122.0	0.79	118.0	0.34	2.5	20	1.64	2.65	4.95	6.1	0.954	0.397	1.301
		10	127.0	0.79	120.0	0.34	2.5	20	1.64	2.65	4.95	6.1	1.000	0.397	1.301
	25	5	100.1	0.77	88.0	0.29	2.5	20	1.82	2.60	5.85	6.7	0.699	0.397	1.301
		7	111.0	0.78	94.0	0.30	2.5	20	1.79	2.60	5.65	6.5	0.845	0.397	1.301
		9	122.0	0.79	100.0	0.31	2.5	20	1.77	2.65	5.50	6.4	0.954	0.397	1.301
		10	127.0	0.79	103.0	0.32	2.5	20	1.77	2.65	5.30	6.3	1.000	0.397	1.301
	30	5	100.1	0.77	71.2	0.25	2.5	20	1.91	2.60	6.80	7.4	0.699	0.397	1.301
		7	111.0	0.78	77.0	0.26	2.5	20	1.89	2.60	6.50	7.2	0.845	0.397	1.301
		9	122.0	0.79	82.0	0.27	2.5	20	1.86	2.65	6.30	7.1	0.954	0.397	1.301
		10	127.0	0.79	84.5	0.28	2.5	20	1.86	2.65	6.10	6.89	1.000	0.397	1.301
55	10	5	74.0	0.68	154.2	0.37	3.5	15	1.47	2.72	4.70	5.9	0.699	0.544	1.176
		7	84.0	0.71	160.0	0.38	3.5	15	1.41	2.73	4.55	5.7	0.845	0.544	1.176
		9	95.0	0.75	165.0	0.39	3.5	15	1.34	2.73	4.45	5.7	0.954	0.544	1.176
		10	100.0	0.77	167.0	0.39	3.5	15	1.30	2.77	4.45	5.7	1.000	0.544	1.176
	15	5	74.0	0.68	130.0	0.35	3.5	15	1.72	2.72	5.00	6.0	0.699	0.544	1.176
		7	84.0	0.71	136.0	0.36	3.5	15	1.65	2.73	4.85	5.9	0.845	0.544	1.176
		9	95.0	0.75	141.0	0.36	3.5	15	1.56	2.73	4.85	5.9	0.954	0.544	1.176
		10	100.0	0.77	143.0	0.37	3.5	15	1.52	2.77	4.70	5.85	1.000	0.544	1.176
	20	5	74.0	0.68	104.5	0.32	3.5	15	1.91	2.72	5.45	6.45	0.699	0.544	1.176
		7	84.0	0.71	112.0	0.33	3.5	15	1.83	2.73	5.30	6.2	0.845	0.544	1.176
		9	95.0	0.75	118.0	0.34	3.5	15	1.73	2.73	5.10	6.1	0.954	0.544	1.176
		10	100.0	0.77	120.0	0.34	3.5	15	1.69	2.77	5.10	6.1	1.000	0.544	1.176
	25	5	74.0	0.68	88.0	0.29	3.5	15	2.05	2.72	6.00	6.7	0.699	0.544	1.176
		7	84.0	0.71	94.0	0.30	3.5	15	1.96	2.73	5.80	6.5	0.845	0.544	1.176
		9	95.0	0.75	100.0	0.31	3.5	15	1.86	2.73	5.65	6.4	0.954	0.544	1.176
		10	100.0	0.77	103.0	0.32	3.5	15	1.81	2.77	5.45	6.3	1.000	0.544	1.176
	30	5	74.0	0.68	71.2	0.25	3.5	15	2.16	2.72	6.95	7.4	0.699	0.544	1.176
		7	84.0	0.71	77.0	0.26	3.5	15	2.07	2.73	6.70	7.2	0.845	0.544	1.176
		9	95.0	0.75	82.0	0.27	3.5	15	1.97	2.73	6.45	7.1	0.954	0.544	1.176
		10	100.0	0.77	84.5	0.28	3.5	15	1.92	2.77	6.20	6.89	1.000	0.544	1.176
60	10	5	44.5	0.57	154.2	0.37	5.0	5	1.75	2.90	4.80	5.9	0.699	0.699	0.699
		7	54.0	0.61	160.0	0.38	5.0	5	1.64	2.90	4.70	5.7	0.845	0.699	0.699
		9	63.0	0.64	165.0	0.39	5.0	5	1.56	2.90	4.55	5.7	0.954	0.699	0.699
		10	66.9	0.68	167.0	0.39	5.0	5	1.47	2.70	4.55	5.7	1.000	0.699	0.699
	15	5	44.5	0.57	130.0	0.35	5.0	5	2.05	2.90	5.10	6.0	0.699	0.699	0.699
		7	54.0	0.61	136.0	0.36	5.0	5	1.93	2.90	4.95	5.9	0.845	0.699	0.699
		9	63.0	0.64	141.0	0.36	5.0	5	1.83	2.90	4.95	5.9	0.954	0.699	0.699
		10	66.9	0.68	143.0	0.37	5.0	5	1.72	2.70	4.80	5.85	1.000	0.699	0.699
	20	5	44.5	0.57	104.5	0.32	5.0	5	2.27	2.90	5.55	6.45	0.699	0.699	0.699
		7	54.0	0.61	112.0	0.33	5.0	5	2.13	2.90	5.40	6.2	0.845	0.699	0.699
		9	63.0	0.64	118.0	0.34	5.0	5	2.03	2.90	5.25	6.1	0.954	0.699	0.699
		10	66.9	0.68	120.0	0.34	5.0	5	1.91	2.70	5.25	6.1	1.000	0.699	0.699
	25	5	44.5	0.57	88.0	0.29	5.0	5	2.46	2.90	6.15	6.7	0.699	0.699	0.699
		7	54.0	0.61	94.0	0.30	5.0	5	2.30	2.90	5.95	6.5	0.845	0.699	0.699
		9	63.0	0.64	100.0	0.31	5.0	5	2.18	2.90	5.75	6.4	0.954	0.699	0.699
		10	66.9	0.68	103.0	0.32	2.0	5	2.05	2.70	5.55	6.3	1.000	0.699	0.699
	30	5	44.5	0.57	71.2	0.25	5.0	5	2.57	2.90	7.10	7.4	0.699	0.699	0.699
		7	54.0	0.61	77.0	0.26	5.0	5	2.41	2.90	6.85	7.2	0.845	0.699	0.699
		9	63.0	0.64	82.0	0.27	5.0	5	2.30	2.90	6.10	7.1	0.954	0.699	0.699
		10	66.9	0.68	84.5	0.28	5.0	5	2.61	2.70	6.35	6.89	1.000	0.699	0.699

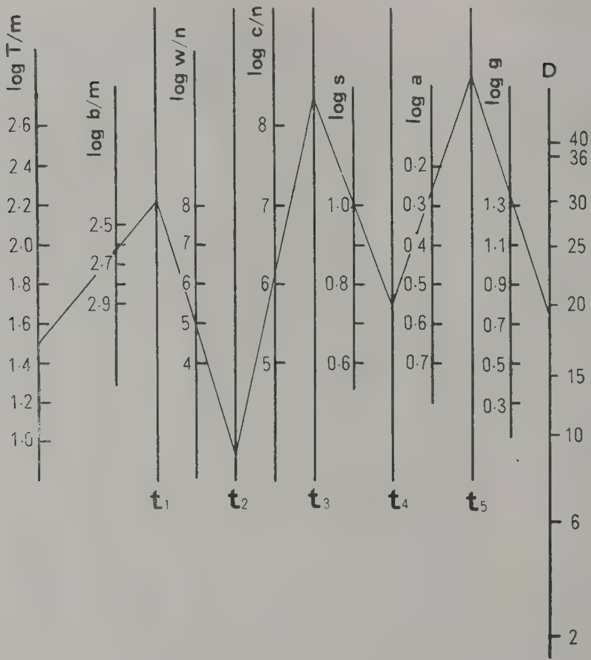


Fig. 14. A measuring scale to determine the storing period (*D*) by water (*W*) and salt content (*S*) of salted dried squid and leaving temperature (*T*)

(追記)

第4項において C.T.C. 添加塩乾しスルメは保存性の延期されることをみた。C.T.C. は現在では塩乾しスルメに使用許可になつていないが，このものは熱に対して不安定であり，従つて塩乾しスルメに添加した場合でも焙焼によつて分解されると思われる。ここで前記のようにC.T.C. 添加塩乾しスルメを製造し，(1)そのままのもの，(2) 食用に供する程度に焙焼したもの，(3) 100°C で 10 分間煮熱したものの 3 試料を調製し，富山ら[註1] の方法で試料中のC.T.C. の残存量を定量した。その結果焙焼および煮熱によつてC.T.C. は破壊され残存しないことが判つた。この結果より塩乾しスルメに C.T.C. を添加した場合でも熱処理を施した後には無添加の場合と同様に食用に供し得られるものと考えられる。

(註1) 富山・米・津田 (1958): 日水誌, **23** (9), 572—578.

CHEMICAL STUDIES ON HERRING MEAT (2)*

Shigeo SASA†

VIII. CHEMICAL COMPOSITION OF THE PROTEIN OF HERRING MEAT

1. Amounts of nitrogen in the meat muscle of herrings soluble by various kinds of solvents

To determine the solubilities of the nitrogenous compounds in the meat muscle of herring, the amounts of nitrogen dissolved in various kinds of solvents were estimated. As salmples, "Spring herring" ("Fore-coming herring") and "Small herring" were employed. Each 20 fishes of "Spring herring" were divided into two groups, and were used, and also 20 fishes of "Small herring" were employed for the determination. Each solvent, water, 0.2 % KOH, 70 % alcohol and 10 % NaCl solution, was employed in the amount of 10-fold the weight of the muscle meat of the herring. By those solvents, the nitrogenous compounds were extracted at room temperature.

The extracted solutions were estimated for the determinations of the amounts of the total nitrogen and protein nitrogen. Results obtained are shown in Tables 24 and 25. Numerals in Tables, show the content (%) in the meat muscle as dried matter.

Table 24. The solubilities of nitrogenous compounds in "Spring herring" meat

Solvents	Group No.	Dissolved total-N (A)		Dissolved protein-N (B)		$B/A \times 100$ (%)
			average		average	average on I and II
Water	I	4.00	4.03%	2.76	2.80%	69.4%
	II	4.06		2.84		
0.2% KOH	I	9.10	9.03	8.04	7.98	83.3
	II	8.96		7.92		
70% alcohol	I	2.08	2.24	1.22	1.27	56.6
	II	2.40		1.32		
10% NaCl	I	8.05	8.19	5.86	5.93	72.4
	II	8.33		6.00		

* Contiuned from the previous reports on "Chemical Studies on Herring Meat (I∼VII)", described in this bulletin, Vol. 8, No. 4, pp. 319—345, 1958.

This manuscript left by Late Sasa is published in the form of this paper after arrangement, revision and the addition of new data by his follows, Dr. Eiichi Tanikawa, Prof. of Faculty of Fisheries, Hokkaido University, and Mr. Minoru Akiba, Assist. Prof. of the same Faculty.

Table 25. The solubilities of nitrogenous compounds in "Small herring" meat

Solvents	Dissolved total-N (*A*)	Dissolved protein-N (*B*)	*B*/*A* × 100 (%)
Water	5.47%	2.82%	51.6%
0.2% KOH	9.98	7.07	70.9
70% alcohol	2.50	1.03	41.2
10% NaCl	7.97	6.09	76.3
Remarks	Percentage of total-N in the dried matter of sample was 10.7%		

As seen in Tables 24 and 25, the nitrogenous compounds in the meat muscle are easily dissolved by 0.2 % KOH and 10 % NaCl solutions. The solubilities by water and 70 % alcohol are next in order.

2. Distribution of the nitrogens in the herring meat muscle protein

The amount of myogen-form nitrogen and the nitrogens in 5 % NaCl soluble extract and in non-protein substance in herring meat muscle were estimated. Results obtained are shown in Table 26.

Table 26. Various forms of nitrogenous compounds in herring meat

Nitrogens	% in dried matter	% in 5% NaCl soluble-N
5% NaCl soluble-N	8.04	100
Myosin-N	3.83	47.6
Myogen-N	2.30	28.6
Non-protein-N	1.91	23.8

As seen in Table 26, in 5 % NaCl-soluble protein, a half part was occupied by myosins. The rest was occupied by almost equal amounts of myogens and non-protein substance.

3. Nitrogenous compounds from the hydrolyzate of herring meat protein

The properties and nutritive value of the proteins are different according to their constituents and construction. Herring meat protein was hydrolyzed by the usual method and the amounts of nitrogenous components were estimated. Fresh herring meat ("Fore-coming herring"), from which the reddish meat ("Chiai" meat) and small bones were removed, was taken and crushed. To the crushed meat toluene was added and the preparate was extracted by water three times in a cold place. The remainder was extracted by 70 % alcohol twice, by absolute alcohol three times, and then by ether three

times. After the extraction, the remainder was dried at low temperature and crushed. The crude meat protein thus made was stored in an air-tight vessel.

(1) *Nitrogen distribution*

The herring meat protein was hydrolyzed with sulfuric acid and the amounts of the various forms of nitrogen were estimated by the usual method. The results obtained are shown in Table 27.

Table 27. Distributions of nitrogens in herring meat protein

Nitrogens	% in dried matter	% in ash-free dried matter	% in total-N
Total-N	12.52	15.13	100
Amino-N	7.56	9.13	60.34
Basic-N	3.92	4.74	31.33
Ammonia-N	0.41	0.50	3.30
Melanin-N	0.63	0.76	5.03

As seen in Table 27, about 60 % of the total amount of nitrogen was amino nitrogen and 30 % was basic-form nitrogen. The rest was considered to consist of small amounts of ammonia and melanin-form nitrogen.

(2) *Amino nitrogen*

(i) **Monoamino acids**

One hundred *g* of the meat protein above described was hydrolyzed at first in a water bath with three-fold volume of 33 % H_2SO_4 solution, and then in an oil bath until the Biurett's reaction became negative. After the hydrolysis, the hydrolyzate was filtered and was treated with blood charcoal; then it was neutralized and evaporated in vacuum. After cooling, fractional crystallization was carried out. By this crystallization, 0.507 *g* of cystine, 2.1667 *g* of tyrosine were isolated. The solution from which cystine and tyrosine had been removed was concentrated by evaporation, then saturated with gaseous hydrochloric acid and was kept at $-5°\sim-6°C$ for several days. Here 10.2048 *g* of hydrochloride of glutamic acid (8.2334 *g* as glutamic acid) was obtained.

(a) Detection of cystine: From 0.3637 *g* of the sample obtained as cystine, 0.5920 *g* of barium sulfate was obtained, that is to say, 22.36 % of sulfur was experimentally obtained against the calculated amount, 22.53 %, of sulfur in cystine ($C_6H_{12}O_4N_2S_2$).

(b) Detection of tyrosine: From 0.3126 *g* of the sample obtained as tyrosine, 0.0259 *g* of nitrogen was obtained, that is 8.30 % of N, against the calculated amount of N in tyrosine ($C_9H_{11}O_3N$) being 7.74 %.

(c) Detection of hydrochloride of glutamic acid: From 0.2023 *g* of the sample obtained as hydrochloride of glutamic acid, 0.0159 g of N was estimated, that is 7.83 %

of N, against the calculated amount, 7.63 %, of N in hydrochloride of glutamic acid ($C_5H_{10}O_4NCl$).

The mother liquid from which the crystals had been isolated as above described and the washing solution were together concentrated by evaporation, and the concentrated solution was treated with absolute alcohol and gaseous hydrochloric acid. The crystal of hydrochloride of glycocoll ester was not yielded. Here, after the washing of free ester, the ester was factionally distilled as shown in Table 28.

The amount of yield are shown also in the Table.

Table 28. Conditions of the fractional distillation

Distillate No.	Temperature (°C)	Pressure (*mm* Hg)	Yields (*g*)
Part 1	40	10	5
Part 2	60	10	8.4
Part 3	90	10	7.2
Part 4	100	2	20
Part 5	130	1	13
Part 6	160	1	15.2

To the first part of the distillate, water was added and boiled until the alkali reaction disappeared, and evaporated in vacuum. Here 2.210 *g* of alanine was obtained. Also, 0.319 *g* of alanine was separately obtained by the evaporation of ether from ether solution of the total ester. The total amount of alanine was 2.529 *g*.

(d) Detection of alanine: From 0.3463 *g* of the sample obtained as alanine, 0.0524 *g* of N was estimated, that is 15.14 % of N against the calculated amount, 15.73 %, of N in alanine ($C_3H_7O_2N$).

The second and the third parts of distillate described in Table 28 were boiled with 10-fold volume of water, then concentrated by evaporation in vacuum, and kept for several days. Then leucine was isolated. After the isolation of the crystal of leucine, the mother liquid was extracted by hot alcohol, and 2.17 *g* of proline was obtained. Proline was changed to copper salt, and 0.437 *g* of racemic copper salt of proline was obtained. This salt was dried at 120°C and analyzed. The remainder from which proline has been removed, was dissolved by hot water, and the crystal of leucine was again isolated. The total sum of leucine which was isolated was 1.1745 *g*.

(e) Detection of leucine: (I) 10.25 % of N was estimated from 0.3621 *g* of the sample obtained as leucine. (II) 10.10 % of N was estimated from 0.3947 *g* of the sample. As compared with the experimental amount of N, the calculated amount of nitrogen is 10.69 % in leucine ($C_6H_{13}O_2N$).

(f) Detection of copper salt of proline: From 0.255 *g* of the anhydrous sample, 0.0685 *g* of copper oxide (corresponding to 0.0547 *g* of copper) was estimated. Therefore, the experimental amount of Cu was 21.38 % against 21.79 % calculated amount of Cu in copper salt of proline ($C_{10}H_{16}O_4N_2Cu$).

To the 4th part of the distillate in Table 28, water was added and saponified. This soap was extracted with absolute alcohol and proline was again isolated. The total sum of proline was 2.35 *g*. The rest was treated with baryta and 10.0176 *g* of racemic leucine was obtained. This leucine was also confirmed.

To the distillate of the 5th part in Table 28, water of 5-fold volume and ether of equal volume were added and shaken. After the separation of ether layer, the ether layer was evaporated and heated with conc. hydrochloric acid, and 3.6818 *g* of hydrochloride of phenylalanine was obtained (This is 3.0158 *g* as phenylalanine). The water layer which was separated from ether layer was treated with petroleum ether several times, and was saponified, and thus 1.324 *g* of serine was obtained. The solution from which serine was removed was treated with baryta, and thus barium salt of asparatic acid was obtained. This barium salt was neutralized with sulfuric acid and 2.322 *g* of asparatic acid was obtained.

(g) Detection of hydrochloride of phenylalanine: From 0.3260 *g* of the sample as hydrochloride of phenylalanine, 6.84 % of nitrogen was obtained against 6.95 % calculated amount of N in hydrochloride of phenylalanine ($C_9H_{11}O_2N \cdot HCl$).

(h) Detection of serine: From 0.3013 *g* of the sample as serine, 13.54 % of nitrogen was obtained against 13.34 % calculated amount of N in serine ($C_3H_7O_3N$).

(i) Detection of asparatic acid: From 0.3158 *g* of the sample as asparatic acid, 11.21 % of nitrogen was obtained against 10.53 % calculated amount of N in asparatic acid ($C_4H_7NO_4$).

The distillate of the 6th part in Table 28 was treated with petroleum ether. The remainder was again treated with hydrochloric acid and gaseous hydrochloric acid, and was kept in a cold place for several days. Thus 0.7232 *g* of hydrochloride of glutamic acid was obtained (This corresponds to 0.5835 *g* of glutamic acid). The mother liquid was concentrated by evaporation in vacuum; the concentrate was dissolved in water; hydrochloric acid in the solution was removed by lead oxide. The excess amount of the lead was removed by sulfuretted hydrogen. Thus 0.81 *g* of asparatic acid was obtained. The hydrochloride of glutamic acid and the asparatic acid thus obtained were confirmed.

(j) Determination of tryptophane: As above mentioned, the isolation of monoamino acids was tried. Here tryptophane was detected separatedly. To 70 *g* of the completely crushed meat protein, water, sodium carbonate and pancreatine were added. To this solution, chloroform and toluene were added in order to prevent putrefaction; preparate was kept at 40°C for 14 days. The reaction of tryptophane was observed to be positive.

The amount of tryptophane was estimated colorimetrically by May and Rose's method[38], and obtained 1.02 % of tryptophane. This amount was 1.13 % by calculation in ash-free sample of anhydrous.

(k) Estimation of the amount of valine: As no estimation of the amount of valine has previously been carried out, here the estimation was performed as follows: 100 *g* of herring meat protein was boiled with hydrochloric acid of 3-fold volume; the ester was thus made, and then it was fractionally distilled. The conditions of the fractional distillation are described in Table 29. The yielded amounts are also shown in the Table.

Table 29. Conditions of the fractional distillation

Distillate No.	Temperature (°C)	Pressure (*mm* Hg)	Yields (*g*)
Part 1	65	10	20.8
Part 2	100	10	25.5
Part 3	110	3	10.0
Part 4	190	3	30.7

From alcohol-undissolved parts of the distillates of the lst, 2nd and 3rd parts in Table 29, valine was obtained by fractional crystallization. From the lst part 0.2124 *g*, from the 2nd part 0.7323 *g*, from the 3rd part 0.5925 *g* of valine were obtained. The sum was 1.5372 *g*. The samples of valine from the lst, 2nd and 3rd parts were analyzed. The experimental amount of nitrogen was 11.99 % for the lst part, 11.77 % for the 2nd part, and 12.08 % for the 3rd part. The calculated amount of nitrogen is 11.96 % in valine ($C_5H_{11}O_2N$). Thus the sample of crystal was identified as valine.

(ii) **Diamino acids**

One hundred *g* of the herring meat protein which was the same as the sample employed for the isolation of monoamino acids, was hydrolyzed with three-fold amount of fuming sulfuric acid for about 15 hours, and then 50 % phosphotungstic acid was added. The precipitate yielded was treated with 5 % H_2SO_4 and decomposed by baryta. Then the determination of diamino acid was carried out according to Kossel's method[39].

The results are as follows.

Hydrochloride of histidine: 2.593 *g* (This is 2.099 *g* as histidine).

Picrate of arginine: 10.7108 *g* (This is 4.626 *g* as arginine).

Picrate of lysine: 26.1200 *g* (This is 10.833 *g* as lysine).

Those isolated amino acids were confirmed by the analysis.

(a) Detection of hydrochloride of histidine: 18.31 % of N was obtained from 0.2021 *g* of the sample as hydrochloride of histidine. The calculated amount of N in hydrochloride of histidine ($C_6H_9N_3O_2 \cdot 2HCl$) is 18.42 %.

(b) Detection of picrate of arginine: 23.78 % of N was obtained from 0.2471 *g* of the sample as picrate of arginine. The calculated amount of N in picrate of arginine ($C_6H_{14}O_2N_4 \cdot C_6H_3O_7N_3$) is 24.3 %.

(c) Detection of picrate of lysine: 18.57 % of N from 0.1014 *g* of the sample and 61.82 % of picric acid from 0.3164 *g* of the sample as picrate of lysine were estimated. The calculated amount of N in picrate of lysine ($C_6H_{14}N_2O_2 \cdot C_6H_3N_3O_7$) is 18.67 %, and that of picric acid is 61.07 %.

(3) *Considerations*

Results obtained are summarized in Table 30. In that table the amino acids of beef crude protein (water content 71.23 %, fat 6.95 %, total N 3.30 %, ash 1.21 %) as obtained by the present author and of bonito (*Euthynnus Pelamys* Linne') and amber jack ("Buri") (*Seriola quinqueradiata*) meat proteins which were obtained respectively by Ogura,[40] Okuda[22] and Oya[41], were shown together.

Table 30. Comparison of amino acids in herring meat protein with other fish meat and beef meat proteins (% in ash-free dried matter)

Proteins / Amino acids	Herring meat protein	Beef meat protein		Bonito meat protein[22]	Amber jack meat protein[41]
		I	II[40]		
Glycine	0.00 *g*	···	2.06	0	0
Cystine	0.57	1.20	···	+	+
Tyrosine	2.42	2.01	2.20	2.1	4.81
Glutamic acid	9.86	15.08	15.49	8.1	5.55
Alanine	2.84	4.00	3.72	2.3	2.29
Leucine	12.51	12.13	11.65	10.4	5.58
Proline	2.63	6.32	5.81	3.1	2.75
Phenylalanine	3.37	2.93	3.15	4.1	2.60
Serine	1.48	1.20	?	?	?
Asparatic acid	3.50	3.99	4.51	3.3	2.42
Histidine	2.35	4.35	1.76	3.04	2.27
Arginine	5.17	7.15	2.47	7.80	5.45
Lysine	12.11	9.49	7.59	7.41	5.81
Tryptophane	1.13	+	+	+	+
Valine	1.70	···	0.81	2.8	1.15

As seen in Table 30, the amount of nitrogen of diamino acids in herring meat protein was larger than that of monoamino acids. The amounts of leucine and glutamic acids nitrogens are larger than the other amino acids in monoamino acids. The amount of histidine nitrogen in diamino acids is less than that of arginine or lysine. The fact that there are larger amounts of lysine, arginine and considerably larger amounts of histidine, tyrosine, phenylalanine and tryptophane in the herring meat, indicates the high nutritive value of herring meat.

In comparing herring meat protein with beef meat protein, the amounts of glutamic acid, alanine, proline, histidine and cystine of the former are found to be less than those of the latter, but the amounts of other essential amino acids are almost the same in their quantities. By comparison the herring meat protein with the bonito and amber jack meat proteins, the amounts of glutamic acid, asparatic acid and lysine of the former are to be found larger than those of the latter. The nutritive value of the herring meat, therefore, is considered to be large.

4. Comparison of the chemical composition of herring meat protein in every stage of the maturity of herring

From the experimental results obtained as above described, it can be suggested that the nutritive value of herring meat protein is no less than that of other fish meat protein or beef meat protein. As the amounts of the chemical components of herrings meat vary remarkably according to maturity and sex, experiments were carried out using samples of herrings which were classified by their maturity and sex.

(*1*) *Samples of herrings*

Identification of the maturity was made by the method offered by Hokkaido Fisheries Station. When the finger tips are rubbed along the belly side of the herring bodies from breast fin to tail fin, if milt or roe spring out, then those fishes are of full maturity, but if milt or roe does not spring out, those fishes are considered to be unmatured. The herring which have spawned are called **spent herring**. As unmatured herrings, 5 male fishes and 4 female which were caught off Otaru, Hokkaido on 13th December, 3 years old, were employed. As fully matured herrings, 10 fishes, each male and female, caught near Yoichi and Oshoro, Hokkaido, from 25th to 31st of March, 6～7 years old, were employed.

As spent herrings, 5 male fishes and 4 female which were caught near Zenibako, Hokkaido, on lst of June, 4 years old, were employed. The body length and weight of those herrings are shown in the lower line of Table 31.

In this experiment, from each of the samples, the meat was taken. It was treated with water, alcohol, and ether, and was made to the crude fish protein.

The amounts of the total nitrogen of each crude fish protein were estimated as usual. In this experiment, it is to be regretted that it was not possible employ the fish of the same age as the sample of each stage of the maturity. But in this experiment, the comparison of the properties of meat protein was carried out by the comparison of the ratios of each form of nitrogen to the total amount of nitrogen in the meat, because the difference of the ratios by age of fish was considered to be not very remarkable.

(*2*) *Results and considerations*

The results obtained are shown in Table 31.

Table 31. Nitrogen distribution of herring meat protein in various stages of maturity

Items / Nitrogen forms		Unmatured herring ♂ % in sample	Unmatured herring ♂ % in total-N	Unmatured herring ♀ % in sample	Unmatured herring ♀ % in total-N	Full-matured herring ♂ % in sample	Full-matured herring ♂ % in total-N	Full-matured herring ♀ % in sample	Full-matured herring ♀ % in total N	Spent herring ♂ % in sample	Spent herring ♂ % in total N	Spent herring ♀ % in sample	Spent herring ♀ % in total-N
Total-N		16.16	100	16.13	100	15.59	100	15.92	100	16.43	100	16.41	100
Monoamino-N		10.34	63.99	10.25	63.55	9.70	62.20	10.26	64.41	10.52	64.03	10.84	66.06
Diamino-N		4.79	29.64	4.82	29.88	4.89	31.34	4.64	29.14	5.04	30.68	4.96	30.23
Amide-N		0.83	5.14	0.29	1.80	0.49	3.13	0.32	2.03	0.71	4.32	0.37	2.25
Humine-N		0.20	1.24	0.77	4.77	0.51	3.28	0.70	4.41	0.16	0.97	0.24	1.46
Basic-amino-N		2.95	18.25	2.99	18.60	3.01	19.26	2.81	17.63	3.49	21.24	3.33	20.29
Non-amino-N		1.84	11.39	1.83	11.35	1.89	12.10	1.83	11.50	1.55	9.43	1.63	9.87
Cystine-N		0.07	0.43	0.09	0.56	0.07	0.45	0.05	0.32	0.07	0.43	0.08	0.49
Arginine-N		2.18	17.39	2.00	12.40	2.11	13.54	1.91	11.98	2.00	12.17	1.94	11.82
Histidine-N		0.31	1.92	0.50	3.10	0.45	2.90	0.61	3.83	0.08	0.49	0.26	1.58
Lysine-N		2.23	13.80	2.23	13.83	2.29	14.72	2.07	13.00	2.89	17.59	2.68	16.33
Herrings used	Average body length	21.8(*cm*)		22.8		31.4		31.6		22		22.6	
	Body weight	101.2(*g*)		103.6		176.3		187.2		104.6		107.4	
	Ages	3 years old		3		6, 7		6, 7		4		4	
	Catching date and place	XII, 13, off Otaru		ditto		III, 25-31; off Yoichi		ditto		VI, 1; off Zenibako		ditto	
	Individual No.	5		4		10		10		5		4	

As in Table 31, the comparison of the properties of meat protein at various stages of the maturity by sex, may be stated as follows: The total amount of nitrogen of herring meat protein in full-matured female was larger than that in male. But that of unmatured or spent herrings of female was less than that of male.

The amount of monoamino acid nitrogen of female herring in the stages of full-matured or spent, is larger than that of male. But that of female herring in unmatured stage is less than that of male. The amount of diamino nitrogen was the opposite to the amount of monoamino nitrogen. The amount of amide nitrogen of male herrings in each stage of maturity was larger than that of female. The amount of humine-form nitrogen was the contrary. The amount of basic amino nitrogen, *e.g.*, arginine or lysine nitrogen, of female herring in full-matured and spent stages was less than that of male as was also true of the amount of diamino nitrogen. But that of unmatured female herrings was considerably larger than that of male or the values were all the same. The amount of non-amino acid nitrogen of female herrings in full-matured or unmatured stages was less than that of male. But that in spent herring was the contrary. The amount of cystine nitrogen of female herring in full-matured stage was less than that of male. But that in unmatured or spent stage was the opposite. The amount of histidine nitrogen of female in all stages was larger than that of male.

Next, as to the difference of the amount of nitrogen of various forms among the respective stages of maturity: the amounts of the total nitrogen and nitrogens of mono-amino acids, diamino acids, basic amino acids, and lysine of spent herring were larger than those of unmatured and full-matured. The order was first, unmatured and then full-matured herring meat. On the contrary, the amounts of nitrogens of humine-form, non-amino acid and histidine showed the maximum value at full-matured stage. Those amounts in unmatured herring and spent berring followed next to the full-matured herring in order.

The amounts of amide and cystine nitrogens of unmatured herrings meat were larger than those of herring meat of full-matured and spent. The amount of arginine nitrogen of unmatured herring was larger than that of full-matured and spent herrings. In the results above obtained, it was remarkable that the amounts of nitrogens of histidine, arginine and non-amino acids decreased after the spawning; on the contrary, the amount of monoamino acids and diamino acids (basic amino acids), especially lysine nitrogen, increased after the spawning.

Sekine[42] has compared the chemical components of muscle meat of herring and other fish before and after the spawning. According to his findings as well as in the present author's result, the amounts of nitrogens of arginine and histidine decreased after the spawning, and on the contrary, the amount of lysine nitrogen increased. Fukuhara[7] has also compared the chemical components of salmon meat before and after the spending of

milt. According to his observations, the amounts of nitrogens of arginine and histidine decreased after the spending of milt, on the contrary, the amounts of lysine and monoamino acids increased. In general, with the progress toward maturity, the amounts of arginine and histidine decrease by the spending of them in order to synthesize purine base which is necessary to compose the nucleo matter of the cell. According to the results of Sekine,[42] as above described, the amounts of total nitrogen and histidine of female fish were larger than those of male, and on the contrary, the amounts of nitrogens of cystine, arginine and lysine of the male fish were larger than those of female. Those results agreed with the present author's result.

Igarashi[43] has estimated the amounts of nitrogens of various forms, and obtained the following results which were compared with the present author's results as shown in Table 32.

Table 32. Nitrogen distribution of herring meat protein (% in ash-free dried matter)

	Author's (Full matured)		Igarashi's[43] (Sex was unknown)
	I	II	
Total-N	15.59	(15.13)	15.452
Ammonia-N	—	(0.50)	1.423
Melanin-N	—	(0.76)	0.283
Diamino-N	4.89	(4.74)	5.285
Monoamino-N	9.70	(9.13)	8.462
Arginine-N	2.11		2.344
Histidine-N	0.45		0.983
Cystine-N	0.70		0.082
Lysine-N	2.29		1.876

Igarashi's results are, for reference, summarized as follows. According to the data[44] of the determination of nitrogens of the soluble protein by NaCl solution, the amount of diamino acid nitrogen in NaCl soluble protein was less than that of the original meat protein of herring, but the amount of monoamino acids was greater. As to the differences of the parts of fish body and sex[10], the amounts of total nitrogen and ash (phosphoric acid, calcium and magnesium), nitrogens of amide and melanin in belly meat were larger in amount than in the back meat. The amounts of the nitrogens of diamino acids, especially arginine, cystine and histidine of the back meat were larger than those of the belly meat, but the amount of lysine nitrogen was contrary. The amount of arginine nitrogen of male herring meat was less than that of female, but the amount of lysine nitrogen was the opposite. As to the amount of non-amino acid nitrogen in monoamino acids fraction, the back meat of female contained more than that of male. According to the heat coagulating of muscle plasma of herring meat which was extracted with 0.6 % NaCl solution[45], the coagulating temperatures of two groups of heat cogulable proteins in muscle plasma are different according to sex. The salting conditions of the protein of herring meat by ammonium sulfate somewhat different by sex. Those

facts accorded with the specific difference in muscle plasma protein by sex.

As above described, the properties of meat protein of herring were different more or less in accord with age, fishing season and the spawning. But there was no difference in chemical composition between the herring meat protein and that of other fish, bonito or amber jack, or beef meat protein. From those data, it can be said that the herring meat is as good as other meat from the nutritive point of view.

IX. DIGESTIBILITY OF HERRINGS MEAT

The digestibility of fresh raw herring ("Fore-coming herring") meat which was caught off Yoichi of Hokkaido was estimated.

Five specimens each of male and female (4 fishes were 6 years old and one was 7 years old), the average length was 30.4 *cm*, weight was 235 *g* were used. From those herrings, the muscle meat was taken and employed for the determination of the digestibility. Here, for comparison, beef meat was also employed.

The general chemical compositions of the meat used are shown as in Table 33.

Table 33. General chemical compositions of the meat employed

Sample	Sex	Water (%)	Ash (%)	Crude fat (%)	Total-N (%)
Herring meat	♂	70.91	1.19	7.30	3.30
	♀	70.38	1.11	7.84	3.31
Beef meat		71.23	1.21	6.95	3.30

1. Experimental method

To two *g* of the meat employed as the samples, from which fat was removed by ether, was added 430 *cc* of dist. water, 1 *g* of pepsin and 20 *cc* of 10 % HCl solution. After standing, the mixture was kept at 40°C for 48 hours, and then 10 *cc* of 10 % HCl solution was added to the digested mixture to bring the HCl concentration of the mixture to about 1 %. After the digested mixture was filtered, the amount of nitrogen in the remainder was estimated by the usual method, and degrees of digestibility were determined.

2. Experimental result

Results obtained are shown in Table 34.

As seen in Table 34, the digestibility of the herring meat is considerably inferior to that of beef meat, but they are almost the same. As to the digestibilities of fish meat, raw fresh Atka mackerel (water-content 78.26 %) is 97.26 %, flat fish (water-content 79.57 %) was 97.8 %[46]. From those data, the digestibility of herring meat can be stated to be almost as good as that of other fish meat.

X. NUTRITIVE VALUE OF HERRING MEAT

Table 34. Comparison of the digestibility of herring meat with beef meat

Test No.	Herring meat		Beef meat
	♂	♀	
1	97.91 %	97.92 %	98.40 %
2	97.91	97.92	98.40
3	97.89	98.02	98.40
4	98.01	97.92	98.30
5	97.42	98.02	98.30
Average	97.83 %	97.96 %	98.36 %

On the basis of the experimental results which have been obtained and described in the previous Articles, the chemical components and the digestibilties of the herring raw meat, and crude protein of herring meat which was prepared by extracting the fat were estimated to be almost the same as other fish and market beef meat.

In the experiments to be described in this Article, the estimation of the nutritive values of herring raw meat and the crude protein of herring meat was performed by feeding the experimental animals, mice and albino rats, for comparison with the beef meat and its crude protein. Also the comparison was made with the feeding by oats or barley.

A. Feeding experiment with the crude protein of herring meat

1. Experimental method

(*1*) *Preparation of the crude protein*

The crude protein of herring meat was prepared by the method described in the previous Article, VIII. Fresh raw meat of "Fore-coming herrings", from which reddish meat ("Chiai-meat") was removed, was crushed and small bones were removed as completely as possible. To the crushed meat was added toluene; the material was extracted three times by water in a cold place, and then extracted twice by 70 % alcohol, by absolute alcohol three times and at last by ether three times. The meat was then dried at low temperature. This was the crude protein of herring meat. The crude protein of beef meat was prepared by the method described above from beef meat bought in the open market.

In some experiments, the crude protein of cod meat which was prepared by the method described above, was used. The proportion of the amount of the crude proteins to be added to the combined feed was 9 % in general, and 11 % in some experiment. Suzuki *et al.*[47] have found that the minimum amount of proteins required for the maintenance of body weight of rats is 5 % and the amount of proteins required for normal growth is 10 % in the combined feed.

(*2*) *Experimental animals*

As experimental animals, mice and rats were employed as in usual nutrition experiments. The employed mice and rats were the second generation, of which the parents were fed with standard feed (casein was used as a protein). Before the experiment, the under-developed mice and rats were removed.

(3) *Feeding*

Feeding conditions were carefully controlled.

(4) *Weighing of the bodies and of the amount of feed eaten*

The bodies of animals were weighed in a container of known weight after the remained feed attached to the bodies had been removed.

It is said that mice or rats eat about 7 *g* of feed per 100 *g* of body weight. In practical case, a somewhat excess amount of feed was given, considering the amount of the scattered feed. The amount of feed eaten was calculated from estimating the given and left-over amounts of the feed.

(5) *Proportion of the combined feed*

The proportion of the combined feed was as follows: The crude protein of herring meat or beef meat was 9 % (11 % in some experiment), fat (a mixture of butter and lard) was 15 %, mineral salts were 4 %, carbohydrate (starch obtained from wheat) was 72 %. When the amount of the crude proteins was 11 %, the amount of the carbohydrate was 70 %. Besides, a small amount of vitamin B (oryzanin) was added. Market wheat starch was treated with water, alcohol, ether several times to remove the fat, and then used for the feed. As mineral salts Osborne's salt was used.

2. Experimental results

(1) *Feeding experiment of mice*

(i) First experiment

Three mice each male and female, of which the body weights were 15～20 *g*, were used. Those mice were fed with the combined feed containing 9 % of the crude protein of herring meat or beef meat, or with oats only, for 60 days. In the course of feeding, 3 females conceived and were delivered.

The feeding results are shown in Table 35 and Fig. 14.

As seen in Fig. 14, males of the mice fed with the crude protein of herring meat, increased in weight step by step; they gained in the proportion of 10.3 *g* of increased weight per day until 54 days' feeding. On the contrary, males of the mice which were fed with the crude protein of beef meat, gained weight rapidly until 35 days' feeding, but thereafter showed no increase or decrease of weight. In 35 days' feeding by the crude protein of beef meat, the gaining of weight was 0.3 *g* per day. This is 2 times that of the case of feeding by the crude protein of herring meat.

Males of the mice which were fed with oats only, gained 0.27 *g* of weight per day until 15 days' feeding, but thereafter exhibited no increase or decrease of weight. That is

Table 35. First experimental result (Mice)

Sex	Combined feeds used	Body Weight			Feeding period	Increased weight per day
		Initial	Final	Increased weight		
♂	(a) Containing 9 % crude protein of herring	15.0 *g*	22.0 *g*	7.0 *g*	54 days	0.13 *g/day*
	(b) Containing 9 % crude protein of beef	17.0	27.0	10.0	33	0.30
	(c) Oats only	17.0	21.0	4.0	15	0.27
♀	(a) Containing 9 % crude protein of herring	15.0 *g*	26.0* *g*	11.0 *g*	81** days	0.14 *g/day*
	(b) Containing 9 % crude protein of beef	16.0	29.0	13.0	45	0.29
	(c) Oats only	20.0	25.0	5.0	15	0.33

* Weight before delivery.
** Elapsed days until the delivery.

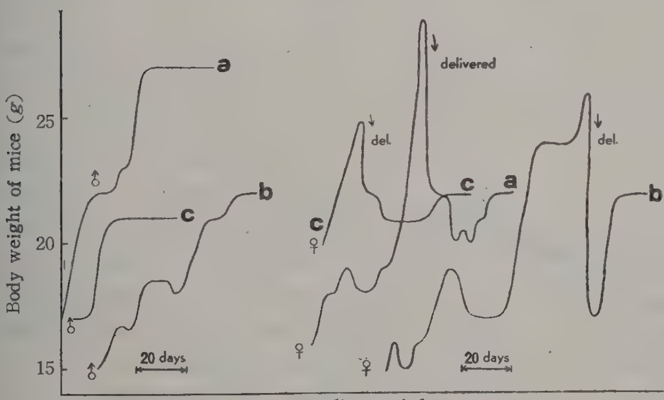


Fig. 14 First feeding results (Mice)
a …Combined feed containing 9% of the crude protein of beef meat
b …Feed containing 9% of the crude protein of herring meat
c …Fed with oats only

to say, in the initial feeding period, mice which were fed with oats grew as well as those with the crude protein of beef meat.

Comparing the gaining of weight per day during the weight-increasing period among the kinds of feeds, the crude protein of beef meat was the largest, the oats were next and the crude protein of herring meat showed the smallest gain. However, in respect of the increasing weight, the crude protein of herring meat was superior to the oats. According to the results obtained in this experiment, from the fact that the gaining of weight of mice which were fed with the crude protein of herring meat showed increase step by step, and considering the difference of the initial weights of the mice employed, the feeding period should be longer. Feeding of female mice was carried out in order to compare the recovery after parturition by the kinds of feeds. Before partu-

rition, the change of weight of bodies was irregular, so it is difficult to compare directly the nutritive value by kinds of feed. As seen in Fig. 14, the recovering state of mice which were given the crude protein of herring meat or of beef meat was superior to that of those fed with oats only.

(ii) Second experiment

In the previous experiment, as the author has observed that the difference of the weights of mice at initial period of feeding influenced somewhat the rate of growth of the mice, here the author has examined how the difference of the weights of male at initial period of feeding, may influence the rate of growth in later period. Two groups each of 13 males which were 13 ~ 14 *g* and 14 ~ 15 *g* by weight were fed with the combined feed containing 9 % crude protein of herring meat for 140 days. The results obtained are shown in Table 36 and Fig. 15 in which the weights of mice were taken as the average of each group.

Table 36. Second experimental result (Mice, Male)

Group	Individual number of mice used	Body weight			Feeding period	Increased weight per day
		Initial	Final	Increased weight		
I (13~14 *g*)	13	14.7 *g*	27.3 *g*	12.6 g	140 days	0.090 *g/day*
II (14~15 *g*)	13	13.6	27.5	13.9	140	0.099

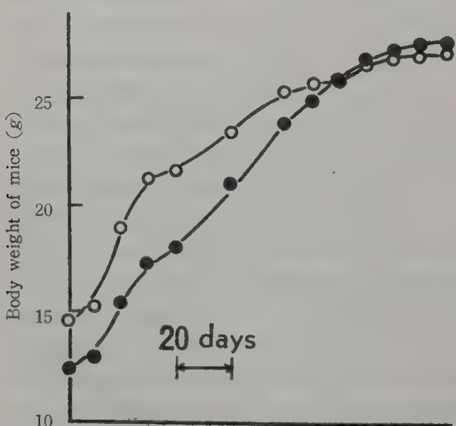


Fig. 15 Second feeding results (Mice, Male)
—●— 13~14 *g* of initial weight
—○— 14~15 *g* of initial weight

As seen in Table 36 and Fig. 15, when the initial weight of mice bodies was small, the rate of growth was pretty good. For the third experiment, the author has taken care to select mice of similar weight and the feeding period was made longer.

(iii) Third experiment

Male mice, of which the body weights were 20 *g*, 18 *g*, 14 ~ 16 *g* and 11 *g* were fed with the combined feed containing 9 % of crude protein of herring meat and beef meat, or oats only. Mice of which weights were 11 *g* at initial period were fed for 60 days, other mice were fed for 280 days. Results obtained are shown in Table 37 and Fig. 16.

Table 37. Third experimental result (Mice, Male)

Combined feed used	Body weight			Feeding period	Increased weight per day ($g/day, \times 10^{-2}$)
	Initial	Final	Increased weight		
a	20 *g*	31 *g*	11 *g*	280 days	39.3
b	20	30	10	280	35.7
a	18	30	12	280	42.8
b	18	30	12	280	42.8
c	18	28	10	280	35.7
a	16	30	14	280	50.0
b	15	30	15	280	53.6
c (1)	15	27	12	280	42.8
c (2)	14	27	13	280	46.4
a	11	18	7	60	117
b	11	17	6	60	100
c	11	13	2	60	33

Note: Combined feed (a)…Feed containing 9% of the crude protein of beef meat, (b)…Feed containing 9% of the crude protein of herring meat, (c)…Fed with oats only.

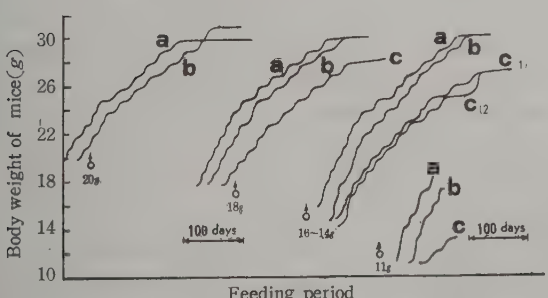


Fig 16 Third feeding results (Mice, Male)

a …Combined feed containing 9% of the crude protein of beef meat.
b …Feed containing 9% of the crude protein of herring meet.
c (1), c (2)…Fed with oats only.

As seen in Table 37 and Fig. 16, the nutritive value of the crude protein of herring meat was inferior to that of the crude protein of beef meat. But the difference was little. The growth of the mice which were given oats only was late.

(2) *Feeding experiment by rats (albino rats)*

(i) Young rats

Young rats (male and female), of which the weights were 5～11 *g* were fed under the following conditions.

(a) The young rats were fed with the combined feed containing 9 % of the crude protein of beef meat for the initial 30 days, and then with oats only for the next 60 days. (Each 1 male and female was employed; feeding period was 90 days).

(b) A young rat was given the combined feed containing 9 % of the crude protein

of beef meat for the initial 12 days, and then with that containing 9 % of the crude protein of cod meat for the next 36 days. (Male 1, feeding period 48 days)

(c) Rats were given the combined feed containing 9 % of the crude protein of herring meat for 39 days. (Male 15, female 3).

(d) Rats were given the combined feed containing 9 % of the crude protein of cod meat for 84 days. (Male 6, female 5).

(e) Rats were given oats only for 114 days. (Male 6, female 5).

Results obtained are shown in Table 38 and Fig. 17 (1) (2).

As seen in Table 38 and Fig. 17, during the period of feeding with the crude protein of beef meat, the young rats gained about 0.5 *g* of weight per day in average of male and female, that is to say, the rats grew comparatively rapidly. But in the course of the feeding, when the oats were fed, the body weight decreased once and no increase or decrease was afterwards observed. On the contrary, in the course of the feeding with the crude protein of beef meat, when the feed was changed to the crude protein of cod meat, the growth rate fell somewhat, but the rats gained about 0.2 *g* of weight per day.

In the feeding experiment with the combined feed containing the crude protein of herring meat, the rats gained about 0.25 *g* of weight per day. When the young rats were given the crude protein of cod meat, the rats both males and females grew rapidly in the initial several days (the increase of the body weight was about 1.0 *g* per day). But after 7 days, the growth stopped. When the young rats were fed with oats only, they gained about 0.2 *g* per day in average of male and female. The growth rate was as good as with the crude protein of herring meat, but after 50 ~ 60 days the rats exhibited no increase of weight. But the feeding period with the crude protein of herring meat was short, so the difference of growth rate over a long period between rats which were fed with the crude protein of herring meat and with oats only could not be compared.

Nextly the experiment was carried out by use of adult rats.

(ii) Feeding experiment with adult rats

As the 1st group, 9 males and 6 females, of which the body weight was 100 ± 15 *g* were employed, and as the 2nd group, 8 males and 6 females, body weight 140 ± 10 *g*, were employed. The 1st group of rats was fed with the combined feed containing 9 % of the crude protein of beef meat, or herring meat, or barley only for 195 days. The 2nd group was fed with the combined feed containing each 9 % of the crude protein of beef meat and herring meat for 230 days. The compared results taking an average of male and female are shown in Table 39, Figs. 18 and 19.

As seen in Table 39, all the rats which were fed with the crude proteins of beef meat, herring meat or barley only, gained an increase of weight. Comparing the increasing weight per day during feeding period, from Table 39, one observes no nutritive difference by the kinds of the feeds in the 1st and the 2nd group of rats. But as seen in Figs. 18

Table 38. Feeding results on young rats

Combined feed used	Body weight Initial (g)	Final (g)	Increased weight (g)	Feeding period (days)	Increased weight per day (g/day)	Individual number of mice used
(a) Feed containing 9% of the crude protein of beef meat, and then with oats only	♂ 9	18	9	90	0.53 * 0~0.02 ** (Av. on ♂ & ♀)	♂ 1
	♀ 9	17	8			♀ 2
(b) Feed containing 9% of the crude protein of beef meat, and then with containing 9% of the crude protein of cod meat	♂ 8	22	14	48	0.50 * 0.22 **	♂ 1
(c) Feed containing 9% of the crude protein of herring meat	Av. ♂ 5.2	15.5	10.3	39	0.25 (Av. on ♂ & ♀)	♂ 15
	♀ 6.3	15.3	9			♀ 3
(d) Feed containing 9% of the crude protein of cod meat	Av. ♂ 11.0	19.5	8.5	84	6 days in initial…1.13 6 days after…0.04 (Av. on ♂ & ♀)	♂ 5
	♀ 10.5	22.0	11.5			♀ 2
(d) Fed with oats only	Av. ♂ 7.1	17.5	10.4	114	Until 54 days (growth period)…0.25 (Av. on ♂ & ♀) Body weight decreased after 54 days	
	♀ 7.1	20.0	12.9			

* In the period of the feeding with the feed containing the crude protein of beef meat

** In the period of the feeding with oats only or with the feed containing the crude protein of cod meat

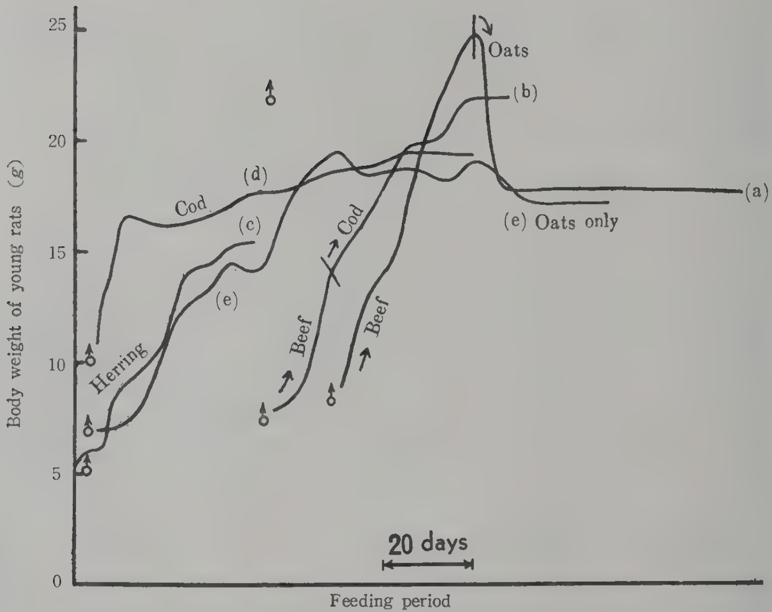


Fig. 17-(1) Feeding results on young rats (Male)

(a)···Combined feed containing 9% of the crude protein of beef meat, and then with oats only.
(b)···Feed containing 9% of the crude protein of beef meat, and then with that containing of 9% of the crude protein of cod meat.
(c)···Feed containing 9% of the crude protein of herring meat.
(d)···Feed containing 9% of the crude protein of cod meat.
(e)···Fed with oats only.

and 19, comparing from the growing curves of rats during feeding period, one observes that the rats which were fed with the crude protein of beef meat or herring meat showed better growth than those fed with barley only.

By comparidon of the increase of body weight per day or the growing curves between the crude proteins of beef meat and herring meat, the nutritive value of the crude protein of beef meat was considered to be pretty superior to that of the crude protein of herring meat. In this experiment, in order to make comparison more accurately between the growth of the rats which were fed with the crude protein of herring meat and with beef meat, the amount of feed eaten was estimated, and the amount of the protein in the feed consumed was calculated.

According to the results obtained in which the increased body weight per 1 *g* of the protein eaten was calculated, when the value of the crude protein of beef meat was 100 %, the value of the 1st and the 2nd groups fed with crude protein of herring meat was

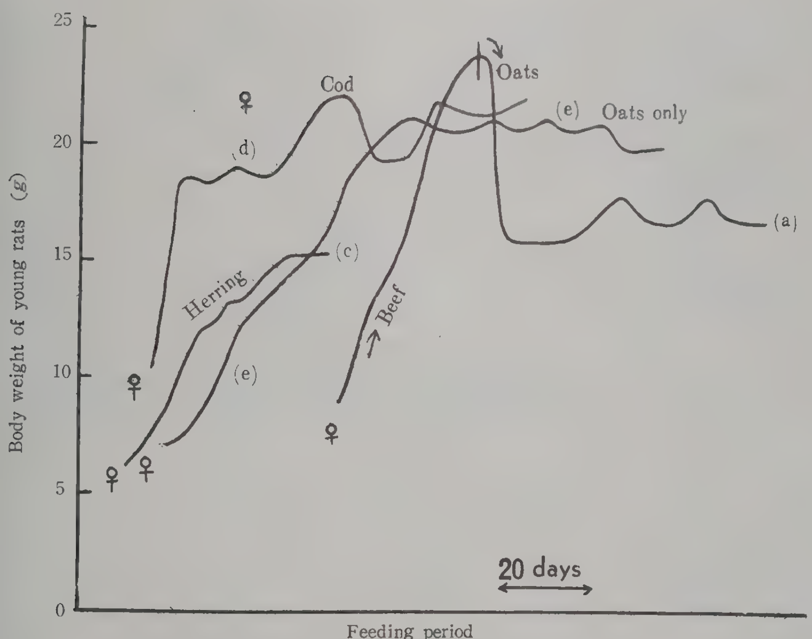


Fig. 17-(2) Feeding results on young rats (female)
Feed signs of (a), (c), (d) and (e) are the same as shown in Fig. 17-(1)

about 96 % taking the average of male and female as shown in the last column of Table 39. That is to say, the nutritive value of the crude protein of beef meat was superior to that of herring meat.

In respect of the difference between the male and female, the male grew better than the female as shown in Figs. 18 and 19.

(iii) Feeding experiment on the increase of mixed amount of the crude protein of herring meat and the adding of amino acids to the combined feed

From the previous experimental results, (ii), the author has ascertained that the nutritive value of the crude protein of herring meat was inferior to that of beef meat. So it was undertaken to examine the growth of rats, when the mixing amount of crude protein of herring meat was increased, or when cystine, histidine (and tryptophane), of which the contents in the crude protein of herring meat are considered to be inferior to that in the crude protein of beef meat, were added.

As seen in Table 30 in the previous article, VIII, the amount of cystine in the crude protein of herring meat was 0.57 % (in ash-free dried matter) compared with 1.2 % in the crude protein of beef meat. Similarly, the amount of histidine was 2.35 % in the

Table 39. Feeding result on adult rats

Group No.	Combined feeds used	Feeding period (days)	Sex	Individual number of rats	Average amount of feed eaten: Total amount (g)	Average amount of feed eaten: Protein eaten (g)	Average body weight: Initial (g)	Average body weight: Final (g)	Average body weight: Increased weight (g)	Increased weight per day (average, g/day)	Increased weight per 1 g of the protein eaten (average)	Ratio for the beef meat protein (g)
I	a	195	♂	3	1755	159.5	110.3	302.3	192	0.98	1.20	100
			♀	2	1950	177.3	87.5	289.0	201.5	1.03	1.14	100
	b	195	♂	3	1784	162.2	108.3	299.7	191.4	0.98	1.18	93.3
			♀	2	1915	174.1	95.5	287.0	191.5	0.98	1.10	96.5
	c	195	♂	3	—	—	99.0	295.0	196.0	1.01	—	—
			♀	2	—	—	85.5	280.1	194.6	1.00	—	—
II	a	230	♂	4	1840	167.3	134.5	297.0	162.5	0.71	0.97	100
			♀	3	1840	167.3	134.0	294.3	160.3	0.70	0.96	100
	b	230	♂	4	1776	161.5	147.0	298.0	151.0	0.66	0.93	95.9
			♀	3	1947	177.0	129.7	289.0	159.3	0.69	0.90	93.7

Note: Combined feed, (a) Feed containing 9% of the crude protein of beef meet.
(b) Feed containing 9% of the crude protein of herring meat.
(c) Fed with barley only.

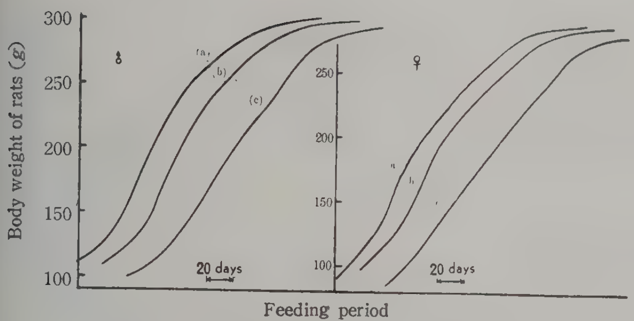


Fig. 18 Feeding results on adult rats (1st group)

(a)…Combined feed containing 9% of the crude protein of beef meat.
(b)…Feed containing 9% of the crude protein of herring meat.
(c)…Fed with barley only.

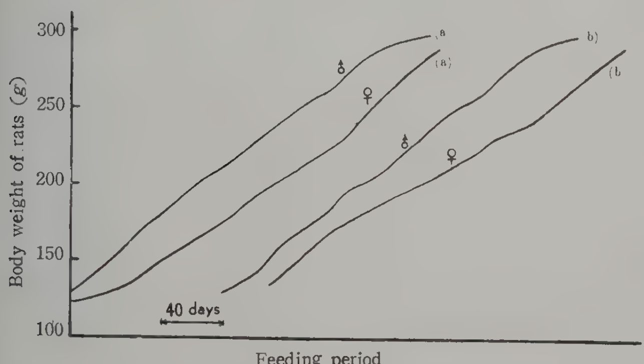


Fig. 19 Feeding results on adult rats (2nd group)
Feed sings of (a) and (b) are the same as in Fig. 18.

crude protein of herring meat for 4.35 % in the crude protein of beef meat.

In this experiment, tryptophane was also added.

The proportion of the components in the combined feed were as follows:

(a) Combined feed containing 9 % of the crude protein of beef meat.

(b) Combined feed containing 11 % of the crude protein of herring meat.

(c) Combined feed containing 9 % of the crude protein of herring meat and each 0.03 *g* of cystine, histidine and tryptophane.

(d) Combined feed containing 9 % of the crude protein of herring meat and each 0.1 *g* of cystine, histidine and tryptophane.

(e) Combined feed containing 9 % of the crude protein of herring meat and each 0.1 *g* of cystine and histidine.

The rats were fed with the five kinds of the combined feed as above described. The experimental results are shown in Table 40 and Fig. 20.

As seen in Table 40 and Fig. 20, when the amount of the crude protein of herring meat was increased from 9 % to 11 %, the growth of rats became better, and became superior in the increase of weight over results obtained by the administration of combined feed containing 9 % of the crude protein of beef meat. According to the results obtained, in which the increased body weights per 1 *g* of the crude protein eaten were calculated, when the value of the crude protein of beef meat (9 %) was 100 %, the value of the

Table 40. Experimental results on the increase of mixed amount of the crude protein of herring meat and the addition of amino acids to the combined feed

Combined feed	Sex	Individual number of rats	Average body weight			Average amount of feed eaten		Feeding period (days) and mortality	Increased weight per day (average, *g/day*)	Increased weight per 1 *g* of the protein eaten (Av.)	Ratio for the beef meat protein (%)
			Initial (*g*)	Final (*g*)	Increased weight (*g*)	Total amount (*g*)	Protein eaten (*g*)				
a	♂	2	165.5	300.5	135.0	1350	122.7	180	0.75	1.10	100
	♀	2	148.0	292.5	144.5	1440	130.9	180	0.80	1.10	100
b	♂	3	153.0	298.0	145.0	1210	133.1	180	0.80	1.09	99.1
	♀	2	142.0	290.5	148.5	1260	138.6	180	0.82	1.07	97.3
c	♂	2	151.5	300.0	148.5	—	—	180	0.82	—	—
	♀	2	166.0	298.0	132.0	—	—	180	0.73	—	—
d	♂	1	161	193	32	—	—	died on 53rd days	—	—	—
		1	147	169	22	—	—	died on 35th days	—	—	—
		1	176	190	14	—	—	died on 33rd days	—	—	—
	♀	1	173	201	28	—	—	died on 56th days	—	—	—
		1	170	177	7	—	—	died on 24th days	—	—	—
e	♂	1	214	228	14	—	—	died on 39th days	—	—	—
		1	202	225	23	—	—	died on 61st days	—	—	—
		1*	248	313	65	—	—	survived over 130 days	—	—	—
	♀	1	254	264	10	—	—	died on 32nd days	—	—	—
		1	238	270	32	—	—	died on 71st days	—	—	—

Note: Combined feed,(a) Feed containing 9% of crude protein of beef meat, (b) Feed containing 11% of the crude protein of herring meat, (c) Feed containing 9% of the crude protein of herring meat and each 0.03 *g* of cystine, histidine and tryptophane, (d) Feed containing 9% of the crude protein of herring meat and each 0.1 *g* of cystine, histidine and tryptophane, (e) Feed containing 9% of the crude protein of herring meat and each 0.1 *g* of cystine and histidine.

* Changed the combined feed of 9% of the crude protein of herring meat without adding of amino acids.

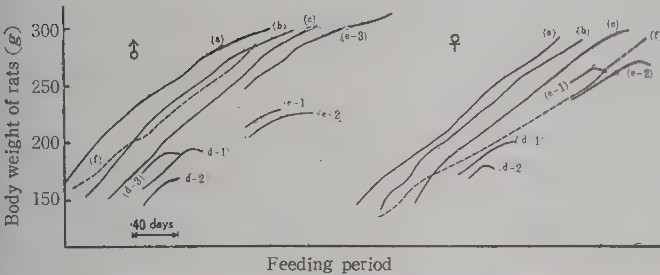


Fig. 20 Experimental results on the increase of mixed amount of the crude protein of herring meat and the adding of amino acids to the combined feed (Adult rats)
Feed signs of (a), (b), (c), (d) and (e) are the same as shown in Table 40. Sign of (f) shows the feed containing 9% of the crude protein of herring meat (No addition of amino acids)

combined feed containing 11 % of the crude protein of herring meat became 98 % (taking an average of male and female). This value was larger than that resulting from the combined feed containing 9 % of the crude protein of herring meat, 96 % as above described in (ii).

Nextly, rats which were fed with the combined feed containing 9 % of the crude protein of herring meat and each 0.03 *g* of cystine, histidine and tryptophane were found to have grown as well as rats fed with the combined feed containing 11 % of the crude protein of herring meat or 9 % of the crude protein of beef meat. That is to say, the addition of amino acids to the combined feed was clearly effective to increase the weight. However, when the added amounts of amino acids increased to each 0.1 *g* of amino acids, as in the case of (d) or (e) of the kind of feed, some of the rats died in the course of the feeding. On the other hand, during the feeding by the combined feed containing amino acids, when the feed was changed to the combined feed containing no amino acid, the rats continued to grow without death. That is to say, the excess feeding of amino acids hinders the growth of rats.

In the above described experiments, the author has carried out the feeding of mice and rats with various kinds of crude proteins, and has compared the nutritive values among them. In the same amount of the crude protein in the combined feed, that of the herring meat was pretty inferior to that of beef meat. When the amount of the crude protein of herring meat was properly increased, or the proper amounts of cystine, histidine and tryptophane (the amounts of these amino acids in herring meat are smaller than those in beef meat) were added to the crude protein of herring meat, the nutritive value of the crude protein of herring meat increased to the level of the crude protein of beef meat.

B. Feeding experiment with herring meat

In this experiment, dried herring meat ("Migaki") and canned herring meat (Boiled) were used for the feeding. Here, the beef meat was also used for comparison of the nutritive values. As experimental animals, rats (male) were used.

1. First experiment

Market beef meat, "Migaki" herring meat, canned boiled herring meat and raw sardine meat, of which respectively the chemical components are shown in Table 41, were

crushed and dried to powder. These various kinds of meat powder were mixed with white rice powder and wheat flour in the ratio of 20:60:20.

Each 1 *g* vegetable was given to the rats with the combined feeds every day. The feeding results are shown in Table 42 and Fig. 21 (1).

Table 41. Chemical components of feeds used in the first experiment

Sample used	Water (%)	Ash (%)	Crude fat (%)	Crude protein (%)
Beef meat	71.30	1.18 (4.1)	6.92 (24.1)	20.60 (71.8)
"Migaki" (Dried herring meat)	17.50	3.80 (4.6)	17.20 (20.8)	61.5 (74.6)
Canned herring meat (Boiled)	75.52	1.35 (5.5)	5.69 (23.2)	17.44 (71.1)
Sardine meat	76.27	1.96 (8.25)	2.14 (9.0)	19.63 (82.9)

Note: Number in parenthesis shows the percentage of the components to the dried matter.

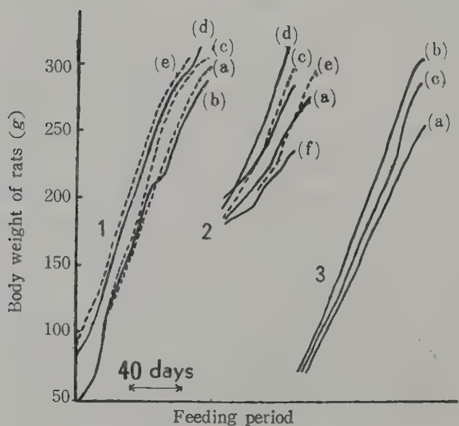


Fig. 21 First, second and third feeding results on rats (Male)

Exp. 1: (a) Beef meat (1), (b) "Migaki" herring meat, (c) Canned boiled herring meat, (d) Beef meat (2), (e) Sardine meat.
Exp. 2: (a) Beef meat, (b) Canned boiled beef meat, (c) Dried herring meat, (d) Canned boiled herring meat, (e) Sardine meat, (f) Oats only
Exp. 3: (a) Beef meat, (b) Canned boiled herring meat, (c) Sardine meat.

As seen in Table 42 and Fig. 21 (1), there is almost no difference in the growth curves of feeding by the various kinds of the meat powder. However, in respect of the increasing of the weight per 1 *g* of the combined feed eaten, the canned boiled herring meat was superior, followed by raw sardine meat, beef meat and "Migaki" herring meat in order.

2. Second experiment

In this experiment, beef meat, canned beef meat (boiled; made in the author's laboratory), canned boiled herring meat, dried herring meat and raw sardine meat of which chemical components are shown in Table 43, were used. Results obtained are shown in Table 44 and Fig. 21 (2). Here, oats were given in contrast with those feeds.

As seen in Table 44 and Fig. 21 (2), in respect of the increase of the body weight per day, the canned boiled herring meat was superior, next dried herring meat, raw sardine meat, canned beef meat, raw beef meat, and oats in order. In this experiment the

Table 42. First feeding results

Sample used	Feeding period (days)	Individual number of rats	Body weight (Average) Initial (g)	Final (g)	Increased weight (g)	Increased weight per day (average, g/day)	Average amount of feed eaten Total amount (g)	Meat eaten (g)	Increased weight per 1 g of the meat eaten (average)
Beef meat (1)	90	3	54.33	301.33	247.00	2.74	820	164	1.51
"Migaki" (Dried herring meat)	90	3	53.33	293.33	240.00	2.67	815	163	1.47
Canned herring meat (Boiled)	90	3	54.00	310.67	256.67	2.85	810	162	1.58
Beef meat (2)	80	1	83.00	300.00	217.00	2.71	720	144	1.51
Sardine meat	80	4	83.50	303.50	220.00	2.75	725	145	1.52

beef meat was not so good as the crude protein of beef meat, as described in the previous section, **A**, whilst the nutritive value of the dried herring meat was good. This dried herring meat was not secured on the market but was dried from raw meat and immediately employed for the feeding. The fact that this dried herring meat was superior over "Migaki" meat was perhaps due to the period of the preservation after the processing. The nutritive value of canned herring meat or beef meat were superior to that of dried herring meat or beef meat.

3. Third experiment

In the above 1st and 2nd experiments, the nutritive value of the beef meat looked to be inferior to the fish meat. But in the feeding experiment with the crude protein in the previous section, **A**, the crude protein of beef meat was found superior to that of herring meat.

In order to examine the contradiction in the difference, re-examination was made of the feeding with beef meat, canned boiled herring meat and raw sardine meat, of which the respective chemical components are shown in Table 45. The calories of the given samples were almost the same as set down in the last column of Table 45. Experimental animals were rats (male). The results obtained are shown in Table 46, and Fig. 21 (3).

As seen in Table 46 and Fig. 21 (3), even if the sample feeds had the same calorie values, the canned boiled herring meat was superior, next sardine meat and beef meat in order.

4. Fourth experiment

In the 3rd experiment also, the herring meat was found superior to beef meat in nutritive value. The cause of the superiority of the nutritive value of herring meat may be the difference of the amount of pure protein in the meat, the

Table 43. Chemical components of feeds useds in the second experiment

Sample used	Water (%)	Ash (%)	Crude fat (%)	Crude protein (%)
Beef meat	72.79	1.19 (4.4)	5.33 (19.6)	20.69 (76.1)
Canned beef meat (Boiled)	72.66	1.18 (4.3)	5.41 (19.8)	20.75 (76.0)
Dried herring meat	13.40	3.31 (3.8)	18.10 (20.9)	65.19 (75.2)
Canned herring meat (Boiled)	75.52	1.35 (5.5)	5.69 (23.2)	17.44 (71.2)
Sardine meat	76.27	1.96 (8.3)	2.14 (9.0)	19.63 (82.8)

Note: Number in parenthesis shows the percentage of the components to the dried matter.

Table 44. Second feeding results

Sample used	Feeding period (days)	Individual number of rats	Body weight (Average)			Increased weight per day (average, g/day)	Average amount of feed eaten		Increased weight per 1 g of the meat eaten (average)
			Initial (g)	Final (g)	Increased weight (g)		Total amount (g)	Meat eaten (g)	
Beef meat	50	3	185.33	262.67	77.34	1.55	380	76	1.02
Canned beef meat (Boiled)	50	3	199.33	288.67	89.34	1.79	400	80	1.12
Dried herring meat	50	3	181.00	300.00	119.00	2.38	508	102	1.17
Canned herring meat (Boiled)	50	3	192.33	317.33	125.00	2.50	500	100	1.25
Sardine meat	50	3	193.67	297.33	103.66	2.07	450	90	1.15
Oats only	50	3	181.67	237.00	55.33	1.11	—	—	—

properties of the protein, the composition of the fat contained, mineral salts in the ash or vitamins. The author has tried to find any remarkable difference between the beef meat and fish meat, and has found that the amount of iodine in fish meat is remarkably larger than that of beef meat as shown in Table 47. Rats were fed with the combined feed containing iodine. To obtain the combined feeds containing the same amount of iodine, the author has added adequate amounts of potassium iodide (0.0025 % solution)

or "Kajime" (a kind of seaweed)-meal to the combined feeds. To 20 *g* of beef meat powder, 1.6 *cc* of the potassium iodide solution or 0.01 *g* of "Kajime"-meal were added. To 20 *g* of sardine meat powder, 0.31 *cc* of the potassium iodide solution or 0.002*g* of "Kajime"-meal was added. Those various kinds of meat powder were respectively mixed with white rice powder and wheat flour in ratio of 20:60:20.

The combined feeds were given to respective groups of rats (male). The results obtained are shown in Table 48 and Fig. 22.

To compare the nutritive value, the standard feed was made as follows: starch 72 %, McCollum's salt 4 %, liver oil 4 *cc*, casein 18 %, oryzanin solution 2 *cc*. To this standard feed was also added potassium iodide solution or "Kajime"-meal.

As seen in Table 48 and Fig. 22, the nutritive value of herring meat was as good as the standard feed which was superior to sardine meat or beef meat. But when to the sardine meat or beef meat was added iodine of which the amount was the same as the amount of iodine in herring meat, the nutritive value

Table 45. Chemical components and calorie values of the samples used in 3rd experiment

Sample used	Water (%)	Crude fat (%)	Crude protein (%)	Ash (%)	Calorie value (cal./100 *g* dried matter)
Beef meat	71.30	6.92 (24.1)	20.60 (71.8)	1.18 (4.1)	518.5
Canned herring meat (Boiled)	75.52	5.69 (23.2)	17.44 (71.3)	1.25 (5.5)	508.1
Sardine meat	74.62	5.77 (22.8)	18.19 (71.8)	1.42 (5.6)	506.4

Note: Number in parenthesis shows the percentage of the components to the dried matter.

Table 46. Third feeding results

Sample used	Feeding period (days)	Individual number of rats	Body weight (Average)			Increased weight per day (average, *g/day*)	Average amount of feed eaten		Increased weight per 1 *g* of the meat eaten (average)
			Initial (*g*)	Final (*g*)	Increased weight (*g*)		Total amount (*g*)	Meat eaten (*g*)	
Beef meat	90	1	70	256	186	2.01	684	137	1.36
Canned herring meat (Boiled)	90	1	70	305	235	2.61	720	144	1.63
Sardine meat	90	1	68	287	219	2.43	715	143	1.53

Table 47. Chemical components of feeds used in the 4th experiment

Sample used	Water (%)	Ash (%)	Crude fat (%)	Crude protein (%)	Iodine (γ/100 g of dried matter)
Dried herring meat	13.40	3.31 (3.8)	18.10 (20.9)	65.19 (75.2)	151
Beef meat	72.05	1.18 (4.2)	0.14 (22.0)	20.63 (73.8)	1.8
Sardine meat	73.97	1.72 (6.6)	5.81 (22.3)	18.50 (71.1)	122
Salmon meat	75.05	1.13 (4.5)	3.77 (15.1)	20.06 (80.2)	144
"Kajime"-meal	—	—	—	—	295

Note: Number in parenthesis shows the percentage of the components to the dried matter.

Table 48. Fourth feeding results

Sample used	Body weight (Average)			Increased weight per day (average, g/day)	Average amount of feed eaten		Increased weight per 1 g of the meat eaten (average)
	Initial (g)	Final (g)	Increased weight (g)		Total amount (g)	Meat eaten (g)	
Herring meat	88	305	217	2.41	690	138	1.57
〃	72	299	227	2.52	710	142	1.60
Beef meat	88	271	183	2.03	698	140	1.31
〃	70	249	179	1.99	700	140	1.28
Beef meat + KI	85	298	213	2.33	687	137	1.56
〃	74	293	219	2.43	700	140	1.57
Beef meat + "Kajime"-meal	87	305	218	2.42	690	138	1.58
〃	72	296	224	2.49	706	141	1.59
Sardine meat	90	300	210	2.33	692	138	1.52
〃	70	290	220	2.44	710	142	1.55
Sardine meat + KI	88	303	215	2.39	687	137	1.57
〃	72	296	224	2.49	710	142	1.58
Sardine meat + "Kajime"-meal	87	306	219	2.43	690	138	1.59
〃	72	300	228	2.53	710	142	1.58
Standard feed	88	290	202	2.25	—	—	—
〃	72	278	206	2.29	710	142	1.61
Salmon meat	90	302	212	2.36	687	137	1.55
〃	73	297	221	2.46	700	221	1.58

of the sardine or beef meat became the same as herring meat. It is clear that the nutritive value of beef meat may be increased by the addition of iodine. From these results, the difference of the nutritive values between herring meat and beef meat considered to be due somewhat to the difference of the amounts of iodine.

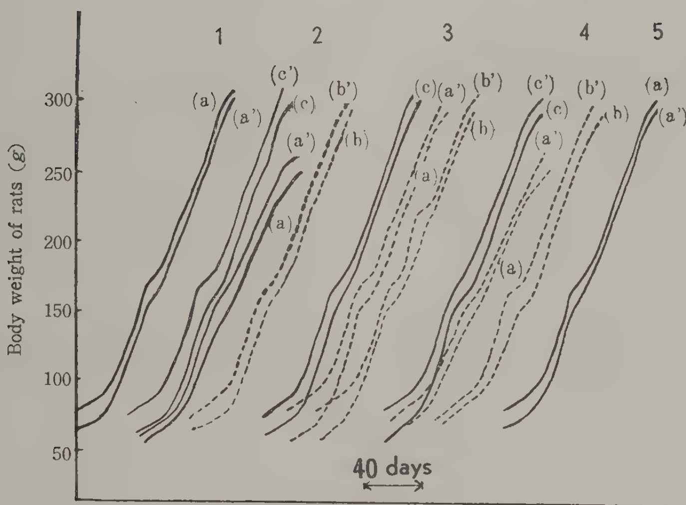


Fig 22 Fourth feeding results on rats (Male)

Exp. 1: (a), (a′) …… Herring meat
Exp. 2: (a), (a′) …… Beef meat
(b), (b′) …… Ditto + KI
(c), (c′) …… Ditto + "Kajime"-meal
Exp. 3: (a), (a′) …… Sardine meat
(b), (b′) …… Ditto + KI
(c), (c′) …… Ditto + "Kajime"-meal
Exp. 4: (a), (a′) …… Standard feed
(b), (b′) …… Ditto + KI
(c), (c′) …… Ditto + "Kajime"-meal
Exp. 5: (a), (a′) …… Salmon meat

C. Consideration

In order to estimate the nutritive value of herring meat, the author has fed mice and rats with the crude protein of herring meat, raw herring meat and canned herring meat. As control, beef mat was also used.

The nutritive value of the crude protein of herring meat was inferior to that of the crude protein of beef meat. When the amount of the crude protein of herring meat was increased, the nutritive value of the crude protein increased to a degree equal of that of the crude protein of beef meat. When adequate amounts of cystine, histidine and tryptophane were added to the crude protein of herring meat, the nutritive value increased, but when an excess amount of amino acids were added to that crude protein, some rats died from the feed, that is to say, the addition of excess amount of amino acids did more harm than good. Nextly, raw or processed herring meat was examined for their nutritive value. Contrary to the crude protein, the raw or processed herring meat was superior to the beef meat. One of the causes of the difference was the difference of the amounts of

iodine in herring meat and beef meat. This was clarified by the addition of iodine to the combined feed containing beef meat.

The fact that iodine is an important factor in maintaining the health of human beings has been said from previously[48]. Evard and Culbertson[49] have observed that a group of experimental pigs gained increase of body weight when they are fed with a combined feed containing potassium iodide of 40 *mg* every day for 140 days. Orr and Leitch[49] have shown that the daily feeding of 1 *g* of potassium iodide to pigs did not harm the health. Phillips, Curtis and Erf[49] have fed a group of cows with a combined feed containing iodine of which the forms were potassium iodide, fish meal or kelp meal for 3 years; they have observed that the cows kept their health. Remington, Coulson and Levine[50] have observed that iodine contained in milk, oyster or cod meat is effective to prevent diseases of the thyroid gland and to increase preserved iodine as well as potassium iodide.

Okubo[51] has observed the amount of iodine content in marine products (fish and algae), and has said that fish meat has large value as iodine souce in the nutrition of human beings.

From those results obtained by many investigators, it is clear that the presence of an adequate amount of iodine in herring meat was a cause of its high nutritive value.

Besides iodine, the chemical constitution of fat contained in herring meat or vitamins must be considered. Tadokoro and Kondo[52] have studied the nutritive value of herring oil. According to them, herring fat is rich in oil, therefore it has high nutritive value. They have further observed the fresh dried herring meat ("Migaki" herring meat) is superior in nutritive value to the preserved dried herring meat. This is in agreement with the present author's result. This is perhaps due to the oxidation of the herring fat. At one time, the highly unsaturated fatty acids themselves were considered poisonous, but recently Kaneda, Sakai and Ishii[53] have clarified that the highly unsaturated fatty acid in fish bodies themselves are not poisonous, and rather nutritive, and that the poisonous substance is the auto-oxidized products of the highly unsaturated fatty acids.

The preserved dried herring meat still retains the nutritive value as above stated. This shows that the oil and fat in herring meat are not easily oxidized. This difficulty of oxidation of herring oil was suggested by Kaneda *et al.*[54] In order to prevent the oxidation of the oil, B.H.A. (sustane) has come into use recently.

From previously, the author has been convinced that the nutritive value of the herring meat is not inferior to that of beef or poultry meat; here it has been demonstrated that his belief is correct.

In Japan it is important to eat more fish, because the fish meat including herring has superiority in nutritive value.

SUMMARY

In order to examine the nutritive value of herring meat, various experiments were

carried out and important results were obtained. They are summarized as follows :

(1) In respects of the general chemical composition of the meat of "Spring herring" before and after the spawning and of the same ages, the amounts of water and fat contents in the herring meat vary remarkably. Those components show the reverse relation (Article II).

(2) The general chemical compositions of the meat of "Small herring" and of "Oily herring" were determined. The maximum amount of fat in "Small herring" was below 10 %, and that in "Oily herring" was above 15 %. The larger amount of fat in the "Oily herring" was considered to be due to the plankton containing rich fat which were eaten during the feeding migration (Articles III, IV).

(3) In respects of the chemical components in the extractive of herring meat, creatine, creatinine, hypoxanthine, xanthine, methylguanidine, choline, inosinic acid, taurine were isolated and estimated. In comparison with other fish, the amounts of creatine, creatinine in the extractive of herring meat were smaller than in that of other fish meat, but the amounts of hypoxanthine and methylguanidine were larger (Article V).

(4) The amounts of inorganic components in herring meat and blood were estimated.

(i) In respect of the inorganic components in the herring meat, the amounts of sulfur, calcium, iron, magnesium, sodium, potassium, phosphorus and iodine were estimated. The amounts of Na, K, P and I in the herring meat were as large as in other fish meat (Article VI).

(ii) Among inorganic components estimated, the forms of sulfur and phosphorus were determined. In the total amount of sulfur, about 22 % was water soluble form, and the remainder was insoluble form. In the total amount of phosphorus, about 55 % was water soluble form, 30 % was lipoid form and 12 % was protein form and others.

(iii) In respects of inorganic components in the blood, NaCl is the principal component; equal amounts of phosphorus, iron, potassium and small quantities of calcium, magnesium were present.

(5) When the fresh herring meat was left, the initial pH value being 6.8 descended to the more acidic side, but afterwards ascended to alkali side with the decomposition of the meat ; the amounts of volatile basic nitrogen increased. When the amount of volatile basic nitrogen became above 30 *mg* %, the meat became inedible (Article VII).

(6) From fresh herring meat, the crude protein was prepared. The variations in solubility, properties of protein, distribution of amino acids were determined by sex, and maturity (Article VIII).

(i) Nitrogenous components in the herring meat dissolved out abundantly in 0.2 % KOH, 10 % NaCl solutions.

(ii) About half of the amount of 5 % NaCl soluble nitrogenous components was considered to be myosin-form, the rest was considered to be equally myogen-form and

non-protein-form nitrogen.

(iii) In the herring meat protein, the amount of organic basic nitrogen was larger than that of monoamino nitrogen. Among monoamino acids, the amounts of leucine and glutamic acid were remarkably larger than the others. Among diamino acids, the amount of histidine was smaller than those of lysine and arginine. But the presence of considerably large amounts of lysine, arginine and proper amounts of histidine, tyrosine, phenylalanine and tryptophane indicated the high nutritive value of herring meat protein.

(iv) Among the amino acids, the amounts of histidine, arginine and non-amino nitrogen decreased after the spawning; on the contrary, it is remarkable that the amounts of monoamino nitrogen and lysine nitrogen increased after the spawning.

(7) The digestibility of herring meat was 98 %; this is almost as good as that of beef meat (Article IX).

(8) From the results as above described, the chemical composition and digestibility of herring meat were considered to be as good as those of beef meat. Next the nutritive value of herring meat was estimated by feeding experiments on mice and rats (Article X).

(i) The crude protein which was prepared from herring meat gave considerably lower nutritive value than the crude protein of beef meat in the same feeding amount (9 % in the combined feed).

(ii) However, when the amount of the crude protein of herring meat was increased (from 9 % to 11 %), or when adequate amounts (each 0.03 %) of cystine, histidine and tryptophane were added to the crude protein of herring meat, the nutritive value of the crude protein increased to the level of that of beef meat.

(iii) When the nutritive values of raw or processed herring meat were compared with those of other fish (sardine, salmon) and market beef meat, the herring meat was superior, whilst the beef meat was inferior.

(iv) As one of the causes of the difference was considered to be the difference in the amounts of iodine content, iodine was added to the beef meat in order to make the same amount of iodine content as in the herring meat. Potassium iodide or "Kajime"-meal (a kind of kelp meal) was used. Then nutritive value of beef meat increased to the level of herring meat.

By the experimental results obtained as above described, the author has been convinced that the nutritive value of herring meat bears comparison with beef meat.

Literature cited

1) Sasa, S. (1917). *Oyashio*, (15), 30. (Japanese).

2) The Faculty of Fisheries, Hokkaido University (1958). *Data Record of Oceanographic Observations and Exploratory Fishing*, No. 2.

3) Kondo, H. (1957). *Hokususi-Geppo* 〔*Jour. Hokkaido Fisher. Sci. Inst.*〕, 14 (4), 151. (Japanese).

4) Hirano, Y. (1957). *Ibid.*, 14 (9), 357. (Japanese).

5) Clark, E.D. & Almy, L.H. (1918). *J. Biol. Chem.*, 33 (3), 483.

6) Miyama, G. & Saruya, K. (1937). *Suisan-Kenkyushi* 〔*Jour. of Fisheries*〕, 32 (11), 574. (Japanese).

7) Fukuhara, T. (1943). *Hokusuisi-Junpo* 〔*Jour. Hokkaido Fisher. Exp. Station*〕 (564), 28. (Japanese).

8) Dill, D.B. (1921). *J. Biol. Chem.*, 48, 93.

9a) Lovern, J.A. & Wood, H. (1937). *The Jour. Marine Biol. Assoc. of the United Kingdom* XXII, Nov., 281.

9b) Lovern, J.A. (1950). *Biochem. Soc. Symp.* (6). *The Biochemistry of Fish*, 281, Committee of Publication for the Biochemical Society.

10) Igarashi, H. (1940). *Hokusuisi-Junpo* 〔*Jour. Hokkaido Fisher. Exp. Station*〕, (448), 285. (Japanese).

11) Sekine, H. *et al.* (1920). *Jour. Coll. Fisher., Tokyo*, 16, 1. (Japanese).

12) Yoshimura, K., Nishida, K. & Yamada, A. (1929). *Jour. Coll. Agr., Kagoshima*, 7, 95. (Japanese).

13) Oya, T. & Fujikawa, K. (1937). *Gyorui-no-Kagaku* 〔*The Chemistry of Fish*〕, 111, Tokyo; Koseikaku. (Japanese).

14) Okuda, Y. (1919). *Jour. Coll. Agr., Imp. Univ., Tokyo*, 7 (1), 1. (Japanese).

15) Naganuma, H. (1935). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 3 (5), 263. (Japanese).

16) Suzuki, U. & Yoshimura, S. (1909). *Jour. Coll. Agr., Imp. Univ., Tokyo*, 1, 21. (Japanese).

17) Suzuki, U. & Mihata, M. (1909). *Tokyo-Kagaku-Kaishi* 〔*Jour. Chem. Soc., Tokyo*〕, 30, 917. (Japanese).

18) Okuda, Y. & Sanada, K. (1915). *Nogaku-Kaiho* 〔*Jour. of Agr. Soc.*〕, 160, 836. (Japanese).

19) Clifford, W.H. (1921). *Biochem. J.*, 15, 725.

20) Shimada, K. & Tanaka, E. (1936). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 4 (5), 305. (Japanese).

21) Poller, K. u. Linneweh, W. (1925). *Ber. Deutsch Chem. Ges.*, 59, 1362.

22) Okuda, Y. (1919). *Nogaku-Kaiho* 〔*Jour. Agr. Soc.*〕, 200, 279. (Japanese).

23) Igarashi, H. (1940). *Hokusuisi-Junpo* 〔*Jour. Hokkaido Fish. Exp. Station*〕, (458), 50, (Japanese).

24) Oya, T. & Fujikawa, K. (1937). *Gyorui-no-Kagaku* 〔*The Chemistry of Fish*〕, 291, Tokyo; Koseikaku. (Japanese).

25) Oya, T. & Shimada, K. (1933). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 2 (1), 20. (Japanese).

26) Namiki, S. (1933). *J. Biochm.*, 18 (1), 163.

27) Katz, J. (1896). *Archiv für die gesamte Physiologie*, 63, 1.

28) Elvehjem. C.A. & Lindow, C.W. (1929), *J. Biol. Chem.*, 81, 435.

29) Oya, T. & Fujikawa, K. (1937), *Gyorui-no-Kagaku* 〔*The Chemistry of Fish*〕, 282. Tokyo; Koseikaku. (Japanese).

30) Bang, I. (1925). *Biochem. Z.*, 165, 364.

31) Sandolin, E. (1928). *Ibid.*, 201, 323.

32) Fox, H.M. & Ramage, H. (1930). *Nature*, 126, (No. 3183), 682; (No. 3188), 883.

33) Oya, T. & Fujikawa, K. (1937). *Gyorui-no-Kagaku* 〔*The Chemistry of Fish*〕, 294; Tokyo, Koseikaku. (Japanese).

34) Takenouchi, K. (1915). *Nogaku-Kaiho* 〔*Jour. Agr. Soc.*〕, 158, 643. (Japanese).

35) Oya, T. & Fujikawa, K. (1937), *Gyorui-no-Kagaku* 〔*The Chemistry of Fish*〕, 239, Tokyo, Koseikaku. (Japanese).
36) Macpheron, N.L. (1932). *Biochem. J.*, 26, 80.
37) Yamamura, Y. (1933). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 2 (3), 118. (Japanese).
38) Matsuyama, Y. & Mori, T. (1923). *Jour. Chem. Soc. Jap.*, 44, 337. (Japanese).
39) Kossel, A. & Kutscher, F. (1900-1). *Z. physiol. Chem.*, 31, 165.
40) Ogura, Z., Fujikawa, K. & Okuda, Y. (1929). *Chosen Fisher. Exp. Sta., Spec. Rep.*, 2. (Japanese).
41) Oya, T. (1919). *Nogaku-Kaiho* 〔*Jour. Agr. Soc.*〕, 208, 1118. (Japanese).
42) Sekine, H. (1922). *Jour. Coll. Fish., Tokyo.*, 17 (2), 13.
43) Igarashi, H. (1928). *Hokusuisi-Junpo* 〔*Jour. Hokkaido Fish. Exp. Station*〕, (43), 453. (Japanese).
44) Igarashi, H. (1940), *Ibid.*, (446), 260.
45) Igarashi, H. (1940). *Ibid.*, (452), 319.
46) Fujii, Y. (1954). *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 5 (3), 253. (Japanese).
47a) Suzuki, U., Okuda, Y. *et al.* (1919). *Tokyo-Kagaku-Kaishi* 〔*Jour. Chem. Soc., Tokyo*〕, 40, 385. (Japanese).
47b) Suzuki, U., Okuda, Y. *et al.* (1920). *Ibid.*, 41, 381.
48) McCollum, E.V. *et al.* (1941). *Eiyo-Shinsetsu* 〔*The Newer Knowledge of Nutrition*〕, 266, Tokyo; Asakura-Shoten. (Japanese).
49) McCollum, E.V. *et al.* (1941). *Ibid.*, 277.
50) Remington, R.E. *et al.* (1936). *J. Nutr.*, 12, 27.
51a) Okubo, T. (1937). *Kokumin-Eisei* 〔*Public health*〕 14, 420.
51b) Okubo, T. (1939). *Ibid.*, 16, 329.
51c) Okubo, T. (1940). *Ibid.*, 17, 707; 17, 723.
52) Tadokoro, T. & Kondo, M. (1948). *Hokusuisi-Geppo* 〔*Jour. Hokkaido Fish. Sci. Inst.*〕, 5 (8), 1. (Japanese).
53) Kaneda, T., Sakai, H. & Ishii, S. (1954). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 20 (7), 658. (Japanese).
54) Kaneda, T., Sakai, H. & Ishii, S. (1954). *Ibid.*, 20 (7), 664.